

COLECCIÓN DE NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Gestión previa
a la disposición final
de desechos radiactivos
de actividad
baja e intermedia

GUÍA DE SEGURIDAD

Nº WS-G-2.5



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

PUBLICACIONES DEL OIEA RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Con arreglo a lo dispuesto en el artículo III de su Estatuto, el OIEA está autorizado a establecer o adoptar normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad, y a proveer a la aplicación de esas normas.

Las publicaciones mediante las cuales el OIEA establece las normas aparecen en la **Colección de Normas de Seguridad del OIEA**. Esta serie de publicaciones abarca la seguridad nuclear, radiológica, del transporte y de los desechos, así como la seguridad general (es decir, todas esas esferas de la seguridad). Las categorías comprendidas en esta serie son las siguientes: **Nociones fundamentales de seguridad, Requisitos de seguridad y Guías de seguridad**.

Las normas de seguridad llevan un código que corresponde a su ámbito de aplicación: seguridad nuclear (NS), seguridad radiológica (RS), seguridad del transporte (TS), seguridad de los desechos (WS) y seguridad general (GS).

Para obtener información sobre el programa de normas de seguridad del OIEA puede consultarse el sitio del OIEA en Internet:

<http://www-ns.iaea.org/standards/>

En este sitio se encuentran los textos en inglés de las normas de seguridad publicadas y de los proyectos de normas. También figuran los textos de las normas de seguridad publicados en árabe, chino, español, francés y ruso, el glosario de seguridad del OIEA y un informe de situación relativo a las normas de seguridad que están en proceso de elaboración. Para más información se ruega ponerse en contacto con el OIEA, P.O. Box 100, 1400 Viena (Austria).

Se invita a los usuarios de las normas de seguridad del OIEA a informar al Organismo sobre su experiencia en la aplicación de las normas (por ejemplo, como base de los reglamentos nacionales, para exámenes de la seguridad y para cursos de capacitación), con el fin de garantizar que sigan satisfaciendo las necesidades de los usuarios. La información puede proporcionarse a través del sitio del OIEA en Internet o por correo postal, a la dirección anteriormente señalada, o por correo electrónico, a la dirección Official.Mail@iaea.org.

OTRAS PUBLICACIONES RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD

Con arreglo a lo dispuesto en el artículo III y el párrafo C del artículo VIII de su Estatuto, el OIEA facilita y fomenta la aplicación de las normas y el intercambio de información relacionada con las actividades nucleares pacíficas, y sirve de intermediario para ello entre sus Estados Miembros.

Los informes sobre seguridad y protección en las actividades nucleares se publican como **informes de seguridad**, que ofrecen ejemplos prácticos y métodos detallados que se pueden utilizar en apoyo de las normas de seguridad.

Otras publicaciones del OIEA relacionadas con la seguridad se publican como **informes sobre evaluación radiológica, informes del INSAG** (Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear), **Informes Técnicos**, y documentos **TECDOC**. El OIEA publica asimismo informes sobre accidentes radiológicos, manuales de capacitación y manuales prácticos, así como otras obras especiales relacionadas con la seguridad. Las publicaciones relacionadas con la seguridad física aparecen en la **Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA**.

**GESTIÓN PREVIA A LA DISPOSICIÓN FINAL
DE DESECHOS RADIACTIVOS
DE ACTIVIDAD BAJA E INTERMEDIA**

Los siguientes Estados son Miembros del Organismo Internacional de Energía Atómica:

AFGANISTÁN, REPÚBLICA ISLÁMICA DEL	FEDERACIÓN DE RUSIA	NICARAGUA
ALBANIA	FILIPINAS	NÍGER
ALEMANIA	FINLANDIA	NIGERIA
ANGOLA	FRANCIA	NORUEGA
ARABIA SAUDITA	GABÓN	NUEVA ZELANDIA
ARGELIA	GEORGIA	OMÁN
ARGENTINA	GHANA	PAÍSES BAJOS
ARMENIA	GRECIA	PAKISTÁN
AUSTRALIA	GUATEMALA	PALAU
AUSTRIA	HAITÍ	PANAMÁ
AZERBAIYÁN	HONDURAS	PARAGUAY
BAHREIN	HUNGRÍA	PERÚ
BANGLADESH	INDIA	POLONIA
BELARÚS	INDONESIA	PORTUGAL
BÉLGICA	IRÁN, REPÚBLICA ISLÁMICA DEL	QATAR
BELICE	IRAQ	REINO UNIDO DE GRAN BRETAÑA E IRLANDA DEL NORTE
BENIN	IRLANDA	REPÚBLICA ÁRABE SIRIA
BOLIVIA	ISLANDIA	REPÚBLICA CENTROAFRICANA
BOSNIA Y HERZEGOVINA	ISLAS MARSHALL	REPÚBLICA CHECA
BOTSWANA	ISRAEL	REPÚBLICA DE MOLDOVA
BRASIL	ITALIA	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA DEL CONGO
BULGARIA	JAMAHIRIYA ÁRABE LIBIA	REPÚBLICA DOMINICANA
BURKINA FASO	JAMAICA	REPÚBLICA UNIDA DE TANZANÍA
BURUNDI	JAPÓN	RUMANIA
CAMERÚN	JORDANIA	SANTA SEDE
CANADÁ	KAZAJSTÁN	SENEGAL
CHAD	KENYA	SERBIA
CHILE	KIRGUISTÁN	SEYCHELLES
CHINA	KUWAIT	SIERRA LEONA
CHIPRE	LESOTHO	SINGAPUR
COLOMBIA	LETONIA	SRI LANKA
CONGO	LÍBANO	SUDÁFRICA
COREA, REPÚBLICA DE	LIBERIA	SUDÁN
COSTA RICA	LIECHTENSTEIN	SUECIA
CÔTE D'IVOIRE	LITUANIA	SUIZA
CROACIA	LUXEMBURGO	TAILANDIA
CUBA	MADAGASCAR	TAYIKISTÁN
DINAMARCA	MALASIA	TÚNEZ
ECUADOR	MALAWI	TURQUÍA
EGIPTO	MALÍ	UCRANIA
EL SALVADOR	MALTA	UGANDA
EMIRATOS ÁRABES UNIDOS	MARRUECOS	URUGUAY
ERITREA	MAURICIO	UZBEKISTÁN
ESLOVAQUIA	MAURITANIA, REPÚBLICA ISLÁMICA DE	VENEZUELA, REPÚBLICA BOLIVARIANA DE
ESLOVENIA	MÉXICO	VIET NAM
ESPAÑA	MÓNACO	YEMEN
ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA	MONGOLIA	ZAMBIA
ESTONIA	MONTENEGRO	ZIMBABWE
ETIOPÍA	MOZAMBIQUE	
EX REPÚBLICA YUGOSLAVA DE MACEDONIA	MYANMAR	
	NAMIBIA	
	NEPAL	

El Estatuto del Organismo fue aprobado el 23 de octubre de 1956 en la Conferencia sobre el Estatuto del OIEA celebrada en la Sede de las Naciones Unidas (Nueva York); entró en vigor el 29 de julio de 1957. El Organismo tiene la Sede en Viena. Su principal objetivo es “acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero”.

COLECCIÓN DE
NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA N° WS-G-2.5

GESTIÓN PREVIA A LA
DISPOSICIÓN FINAL
DE DESECHOS RADIACTIVOS
DE ACTIVIDAD
BAJA E INTERMEDIA
GUÍA DE SEGURIDAD

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA, 2009

DERECHOS DE AUTOR

Todas las publicaciones científicas y técnicas del OIEA están protegidas en virtud de la Convención Universal sobre Derecho de Autor aprobada en 1952 (Berna) y revisada en 1972 (París). Desde entonces, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (Ginebra) ha ampliado la cobertura de los derechos de autor que ahora incluyen la propiedad intelectual de obras electrónicas y virtuales. Para la utilización de textos completos, o parte de ellos, que figuren en publicaciones del OIEA, impresas o en formato electrónico, deberá obtenerse la correspondiente autorización, y por lo general dicha utilización estará sujeta a un acuerdo de pago de regalías. Se aceptan propuestas relativas a reproducción y traducción sin fines comerciales, que se examinarán individualmente. Las solicitudes de información deben dirigirse a la Sección Editorial del OIEA:

Dependencia de Promoción y Venta de Publicaciones
Sección Editorial
Organismo Internacional de Energía Atómica
Wagramer Strasse 5
P.O. Box 100
1400 Viena (Austria)
fax: +43 1 2600 29302
tel.: +43 1 2600 22417
correo-e: sales.publications@iaea.org
<http://www.iaea.org/books>

© OIEA, 2009

Impreso por el OIEA en Austria
Septiembre de 2009

**GESTIÓN PREVIA A LA DISPOSICIÓN FINAL
DE DESECHOS RADIACTIVOS
DE ACTIVIDAD BAJA E INTERMEDIA**
OIEA, VIENA, 2009
STI/PUB/1150
ISBN 978-92-0-310609-2
ISSN 1020-5837

PRÓLOGO

Mohamed ElBaradei
Director General

Una de las funciones estatutarias del OIEA es establecer o adoptar normas de seguridad para proteger, en el desarrollo y la aplicación de la energía nuclear con fines pacíficos, la salud, la vida y los bienes, y proveer lo necesario para la aplicación de esas normas a sus propias operaciones, así como a las realizadas con su asistencia y, a petición de las Partes, a las operaciones que se efectúen en virtud de cualquier arreglo bilateral o multilateral, o bien, a petición de un Estado, a cualquiera de las actividades de ese Estado en el campo de la energía nuclear.

Los siguientes órganos supervisan la elaboración de las normas de seguridad: la Comisión sobre normas de seguridad (CSS); el Comité sobre normas de seguridad nuclear (NUSSC); el Comité sobre normas de seguridad radiológica (RASSC); el Comité sobre normas de seguridad en el transporte (TRANSSC); y el Comité sobre normas de seguridad de los desechos (WASSC). Los Estados Miembros están ampliamente representados en estos comités.

Con el fin de asegurar el más amplio consenso internacional posible, las normas de seguridad se presentan además a todos los Estados Miembros para que formulen observaciones al respecto antes de aprobarlas la Junta de Gobernadores del OIEA (en el caso de las Nociones fundamentales de seguridad y los Requisitos de seguridad) o el Comité de Publicaciones, en nombre del Director General, (en el caso de las Guías de seguridad).

Aunque las normas de seguridad del OIEA no son jurídicamente vinculantes para los Estados Miembros, éstos pueden adoptarlas, a su discreción, para utilizarlas en sus reglamentos nacionales respecto de sus propias actividades. Las normas son de obligado cumplimiento para el OIEA en relación con sus propias operaciones, así como para los Estados en relación con las operaciones para las que éste preste asistencia. A todo Estado que desee concertar con el OIEA un acuerdo para recibir su asistencia en lo concerniente al emplazamiento, diseño, construcción, puesta en servicio, explotación o clausura de una instalación nuclear, o a cualquier otra actividad, se le pedirá que cumpla las partes de las normas de seguridad correspondientes a las actividades objeto del acuerdo. Ahora bien, conviene recordar que, en cualquier trámite de concesión de licencia, la decisión definitiva y la responsabilidad jurídica incumbe a los Estados.

Si bien las mencionadas normas establecen las bases esenciales para la seguridad, puede ser también necesario incorporar requisitos más detallados, acordes con la práctica nacional. Además, existirán por lo general aspectos

especiales que será necesario aquilatar en función de las circunstancias particulares de cada caso.

Se menciona cuando procede, pero sin tratarla en detalle, la protección física de los materiales fisibles y radiactivos y de las centrales nucleares en general; las obligaciones de los Estados a este respecto deben enfocarse partiendo de la base de los instrumentos y publicaciones aplicables elaborados bajo los auspicios del OIEA. Tampoco se consideran explícitamente los aspectos no radiológicos de la seguridad industrial y la protección del medio ambiente; se reconoce que, en relación con ellos, los Estados deben cumplir sus compromisos y obligaciones internacionales.

Es posible que algunas instalaciones construidas conforme a directrices anteriores no satisfagan plenamente los requisitos y recomendaciones prescritos por las normas de seguridad del OIEA. Corresponderá a cada Estado decidir la forma de aplicar tales normas a esas instalaciones.

Se señala a la atención de los Estados el hecho de que las normas de seguridad del OIEA, si bien no jurídicamente vinculantes, se establecen con miras a conseguir que las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y los materiales radiactivos se realicen de manera que los Estados puedan cumplir sus obligaciones derivadas de los principios generalmente aceptados del derecho internacional y de reglas como las relativas a la protección del medio ambiente. Con arreglo a uno de esos principios generales, el territorio de un Estado ha de utilizarse de forma que no se causen daños en otro Estado. Los Estados tienen así una obligación de diligencia y un criterio de precaución.

Las actividades nucleares civiles desarrolladas bajo la jurisdicción de los Estados están sujetas, como cualesquier otras actividades, a las obligaciones que los Estados suscriben en virtud de convenciones internacionales, además de a los principios del derecho internacional generalmente aceptados. Se cuenta con que los Estados adopten en sus ordenamientos jurídicos nacionales la legislación (incluidas las reglamentaciones) así como otras normas y medidas que sean necesarias para cumplir efectivamente todas sus obligaciones internacionales.

NOTA EDITORIAL

Todo apéndice de las normas se considera parte integrante de ellas y tiene la misma autoridad que el texto principal. Los anexos, notas de pie de página y bibliografía sirven para proporcionar información suplementaria o ejemplos prácticos que pudieran ser de utilidad al lector.

En las normas de seguridad se usa la expresión “deberá(n)” (en inglés “shall”) al formular indicaciones sobre requisitos, deberes y obligaciones. El uso de la expresión “debería(n)” (en inglés “should”) significa la recomendación de una opción conveniente.

El texto en inglés es la versión autorizada.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
	Antecedentes (1.1–1.10)	1
	Objetivo (1.11)	3
	Campo de aplicación (1.12–1.18)	3
	Estructura (1.19).....	5
2.	PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA Y DEL MEDIO AMBIENTE (2.1–2.8).....	5
3.	FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES	7
	Consideraciones generales (3.1–3.3)	7
	Responsabilidades del órgano regulador (3.4–3.10)	8
	Responsabilidades de los explotadores (3.11–3.14).....	10
4.	CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE SEGURIDAD TECNOLÓGICA	11
	Interdependencia (4.1–4.5)	11
	Elección de la opción preferida (4.6).....	13
	Control de la generación de desechos (4.7–4.9)	13
	Clasificación de los desechos y criterios de aceptación (4.10–4.13).....	14
	Cualificación del personal (4.14–4.15).....	15
	Facilitación de la clausura (4.16–4.18).....	16
	Preparación de la documentación sobre seguridad (4.19)	17
5.	ELEMENTOS DE SEGURIDAD TECNOLÓGICA DE LA GESTIÓN PREVIA A LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DABI.....	18
	Consideraciones generales (5.1–5.3)	18
	Diseño de una instalación y de equipo de gestión previa a la disposición final de los DABI (5.4–5.7)	19
	Procesamiento de los DABI (5.8–5.37).....	20
	Almacenamiento (5.38–5.46)	28
	Transporte (5.47–5.48).....	30

6.	LLEVANZA DE REGISTROS Y PRESENTACIÓN DE INFORMES.	30
	Llevanza de registros (6.1–6.3)	30
	Presentación de informes (6.4–6.5)	32
7.	EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD TECNOLÓGICA (7.1–7.8).....	33
8.	GARANTÍA DE CALIDAD (8.1–8.12)	35
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
	ANEXO I: ÍNDOLE Y FUENTES DE LOS DABI DE INSTALACIONES NUCLEARES	41
	ANEXO II: ELABORACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DE LOS BULTOS DE DESECHOS.	46
	ANEXO III: CONDICIONES DEL EMPLAZAMIENTO, PROCESOS Y SUCESOS A TENER EN CUENTA EN UNA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD TECNOLÓGICA (FENÓMENOS NATURALES EXTERNOS).....	49
	ANEXO IV: CONDICIONES DEL EMPLAZAMIENTO, PROCESOS Y SUCESOS A TENER EN CUENTA EN UNA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD TECNOLÓGICA (FENÓMENOS EXTERNOS PROVOCADOS POR LOS SERES HUMANOS)	51
	ANEXO V: SUCESOS INICIADORES POSTULADOS A TENER EN CUENTA EN UNA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD TECNOLÓGICA (FENÓMENOS INTERNOS)	53
	COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y REVISIÓN.....	57
	ÓRGANOS ENCARGADOS DE APROBAR LAS NORMAS DE SEGURIDAD	61

1. INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

1.1. La producción de electricidad en los reactores nucleoelectrónicos y el empleo de materiales radiactivos en la industria, la investigación y la medicina generan desechos radiactivos. Desde hace mucho tiempo se reconoce la importancia que tiene la gestión segura de los desechos radiactivos para la protección de la salud humana y del medio ambiente. Los principios y requisitos que rigen la seguridad tecnológica de la gestión de los desechos radiactivos se exponen en las publicaciones tituladas Principios para la gestión de desechos radiactivos [1], Infraestructura legal y estatal para la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte [2] y Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, incluida la clausura [3].

1.2. La Referencia [3] establece los requisitos de la gestión segura de los desechos radiactivos antes de su disposición final, los cuales derivan de los principios de la gestión de los desechos radiactivos establecidos en la publicación Principios para la gestión de desechos radiactivos [1], de la Colección Seguridad, y comprenden requisitos para la protección de la salud humana y del medio ambiente y las correspondientes responsabilidades. En esta Guía de seguridad y en varias Guías de seguridad que tratan de temas afines se formulan recomendaciones sobre cómo cumplir esos requisitos.

1.3. En esta Guía de seguridad se formulan recomendaciones sobre cómo cumplir los requisitos de seguridad en la gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos de actividad baja e intermedia de instalaciones del ciclo del combustible nuclear (excluidas las instalaciones de extracción y molienda de menas que contienen uranio y torio), grandes instalaciones dedicadas a actividades de investigación y desarrollo e instalaciones de producción de radioisótopos. Los desechos de actividad baja e intermedia (DABI) son desechos radiactivos que tienen características radiológicas de actividad inferior a las de los desechos de actividad alta, pero que siguen estando sometidos a control reglamentario (es decir, que no se ha considerado que reúnan las condiciones necesarias para suprimir el control reglamentario).

1.4. Todas estas instalaciones generan DABI en diversas formas. Se puede minimizar la cantidad de DABI mediante buenas prácticas de explotación, pero no es posible eliminarlos totalmente y pueden contener cantidades de

radionucleidos suficientes para encerrar riesgos para la salud humana y el medio ambiente si no se gestionan adecuadamente.

1.5. En un ciclo del combustible nuclear correctamente establecido, los desechos generados por las diversas instalaciones se pueden clasificar conforme a varios grupos típicos, en función de la índole y la cantidad de los desechos, los radionucleidos existentes, su correspondiente actividad y sus proporciones. Los enfoques recomendados para clasificar los desechos basándose en las características prevalecientes figuran en la Ref. [4]. En el anexo I se resumen la índole y las fuentes de DABI procedentes de instalaciones nucleares.

1.6. Los desechos de las instalaciones de investigación, las aplicaciones nucleares en la medicina y la industria y las instalaciones de producción de radioisótopos son normalmente más diversos y variables y comprenden una gama más amplia de radionucleidos que los desechos del propio ciclo del combustible nuclear, aunque las cantidades de radionucleidos son mucho menores. Por la variabilidad y la diversidad de los flujos de desechos de esas instalaciones, se debe prestar atención especial y constante a todas las fases de la gestión de los desechos.

1.7. La gestión previa a la disposición final de los DABI abarca todas las fases o actividades de la gestión de los desechos, desde su generación inicial hasta su aceptación final en un repositorio u otro emplazamiento de disposición final, o la supresión del control reglamentario. Puede comprender el tratamiento previo, el tratamiento, el acondicionamiento, la clausura, el almacenamiento y las actividades de preparación para el transporte, más todas las actividades conexas, como la clasificación de los desechos iniciales, de desechos o el bulto de desechos en las correspondientes fases del procesamiento de los desechos, hasta la entrega de un bulto de desechos en un repositorio o la supresión del control reglamentario. La gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos también comprende la clausura de instalaciones nucleares.

1.8. El tratamiento previo puede comprender la recolección de los desechos, su segregación, ajuste químico y descontaminación. El tratamiento abarca las operaciones cuya finalidad es mejorar la seguridad y/o la economía cambiando las características de los desechos radiactivos. Los conceptos básicos del tratamiento son la reducción del volumen, la extracción de los radionucleidos y la modificación de la composición. El acondicionamiento de los DABI consiste en las operaciones que transforman los desechos radiactivos en un cuerpo apto para actividades ulteriores como la manipulación, el transporte, el

almacenamiento y la disposición final. Entre estas operaciones puede estar inmovilizar los desechos, colocarlos en contenedores y dotarles de un embalaje adicional. El almacenamiento es la colocación de los desechos en una instalación dotada de aislamiento, protección ambiental y vigilancia. Se trata de una actividad provisional realizada con el propósito de que se recuperen los desechos más adelante para su liberación del control reglamentario o su procesamiento y/o disposición final.

1.9. La gestión previa a la disposición final de los DABI puede efectuarse en una instalación de gestión de desechos aparte, en la que sólo se realicen esas actividades, o bien en emplazamientos específicos dentro de una instalación mayor explotada para otros fines. En esta Guía de seguridad el término ‘instalación’ se emplea para referirse a cualquiera de estas posibilidades y el término ‘explotador’ se refiere a la organización explotadora o al explotador de una instalación de gestión de desechos designada o a un generador de desechos que también realiza actividades de gestión previa a la disposición final de desechos.

1.10. Además de su riesgo radiológico, los DABI, por sus características físicas, químicas o patógenas, pueden presentar otros riesgos que también es conveniente tener en cuenta al preparar la gestión de la disposición final de los desechos radiactivos.

OBJETIVO

1.11. El objetivo de esta Guía de seguridad es proporcionar a los órganos reguladores y a los explotadores que generan y gestionan desechos radiactivos recomendaciones acerca de cómo cumplir los principios y requisitos establecidos en las Refs. [1–3] para la gestión previa a la disposición final de los DABI.

CAMPO DE APLICACIÓN

1.12. Esta Guía de seguridad trata de las cuestiones de seguridad que plantea la gestión previa a la disposición final de los DABI de instalaciones del ciclo del combustible nuclear, grandes instalaciones de investigación y desarrollo e instalaciones de producción de radioisótopos. Abarca todas las fases y actividades de la gestión de los desechos, desde su generación inicial a su

aceptación final en una instalación de disposición final de desechos o la supresión del control reglamentario.

1.13. La gestión previa a la disposición final de los desechos radiactivos comprende la clausura. El término ‘clausura’ abarca el proceso de clausura de una instalación y la gestión de los desechos consiguientes (antes de su disposición final). En las Refs. [5–7] figuran recomendaciones sobre el proceso de clausura. En esta Guía de seguridad figuran recomendaciones sobre la gestión de los desechos resultantes de la clausura.

1.14. Aunque la extracción y la molienda de menas de uranio y torio forman parte del ciclo del combustible nuclear, la gestión de los desechos operacionales de esas actividades (por ejemplo, roca de desechos, colas y desechos de tratamiento de efluentes) no entra en el campo de aplicación de esta Guía de seguridad. Los DABI a que se refiere esta publicación comienzan con el refinado y la conversión de concentrados de uranio. En la Ref. [8] figuran recomendaciones sobre la gestión de los desechos radiactivos de la extracción y la molienda de menas de uranio y torio.

1.15. Algunas partes del ciclo del combustible nuclear generan desechos de alta actividad y DABI. La propia gestión de los desechos de alta actividad genera DABI. La gestión previa a la disposición final de estos DABI está comprendida en el ámbito de aplicación de esta Guía de seguridad. En la Ref. [9] figuran recomendaciones sobre la gestión previa a la disposición final de desechos de actividad alta.

1.16. Las recomendaciones de esta Guía de seguridad se refieren primordialmente a actividades complejas de gestión de los DABI. El órgano regulador debería decidir qué porciones de esta Guía de seguridad son pertinentes y adecuadas en determinadas circunstancias y en qué medida se aplican las recomendaciones y orientaciones.

1.17. Por lo que se refiere al transporte y el almacenamiento de los DABI, esta Guía de seguridad sólo tiene un carácter introductorio. Los requisitos y las recomendaciones al respecto figuran en las Refs. [10–12].

1.18. Puede haber riesgos no radiológicos asociados a la gestión previa a la disposición final de los DABI. Se dan algunas orientaciones sobre las medidas de seguridad que deben adoptarse contra los riesgos no radiológicos si pueden tener consecuencias sobre la seguridad radiológica. Ahora bien, la formulación de recomendaciones detalladas queda fuera del ámbito de esta Guía de

seguridad. El usuario debería solicitar orientación del órgano regulador en los campos de la salud y la seguridad y la protección del medio ambiente.

ESTRUCTURA

1.19. La sección 2 trata de la protección de la salud humana y del medio ambiente y la sección 3 de las funciones y responsabilidades del órgano regulador y del explotador. La sección 4 traza diversas consideraciones sobre la seguridad tecnológica en la gestión previa a la disposición final de los DABI y la sección 5 ofrece recomendaciones sobre la gestión previa a la disposición final de los DABI, el diseño y la explotación de las instalaciones y los requisitos de aceptación. La sección 6 proporciona recomendaciones sobre llevanza de registros y presentación de informes y la sección 7 trata de las evaluaciones de la seguridad tecnológica y del medio ambiente. La sección 8 está dedicada a la garantía de calidad. El anexo I es una panorámica de la índole y la fuente de los desechos de instalaciones del ciclo del combustible nuclear. El anexo II describe la elaboración de las especificaciones de los bultos de desechos. Los anexos III y IV enumeran las condiciones de los emplazamientos, los procesos y los sucesos que deben tenerse en cuenta en una evaluación de la seguridad tecnológica con respecto a los fenómenos naturales externos y a los fenómenos externos de origen antropogénico, respectivamente. El anexo V enumera los sucesos iniciadores postulados (fenómenos internos) que deben tenerse en cuenta en una evaluación de la seguridad tecnológica.

2. PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA Y DEL MEDIO AMBIENTE

2.1. Los requisitos establecidos en la sección 2 de la Ref. [3] para la protección de la salud humana y del medio ambiente se aplican asimismo a la gestión previa a la disposición final de los DABI. Las actividades de la gestión previa a la disposición final de los DABI contribuyen a asegurar que se traten los DABI de manera tal que se proteja la salud humana y el medio ambiente, lo mismo ahora que en el futuro, sin imponer cargas indebidas a las futuras generaciones [1].

2.2. Al diseñar una instalación y planear prácticas de gestión previa a la disposición final de los DABI es obligado tomar en cuenta la necesidad de

proteger a los trabajadores y al público de la exposición a la radiación, de conformidad con las Normas básicas de seguridad [13], las cuales exigen mantener las dosis ocupacionales por debajo de los límites de dosis establecidos y todo lo bajas que sea razonablemente posible (el denominado principio ALARA), tomando en cuenta los pertinentes factores económicos y sociales (Ref. [13], sección 2). Se puede hacer aplicando con rigor prácticas operacionales y de ingeniería y controles administrativos. Son ejemplos de esas medidas las siguientes:

- a) La planificación minuciosa y la ejecución cuidadosa de las actividades de gestión de los DABI, entre ellas el facilitar la clausura, cuando llegue el momento, de las instalaciones de gestión de los DABI;
- b) Las evaluaciones previas al trabajo y el empleo de maquetas para capacitar al personal, a fin de reducir al mínimo las exposiciones durante las actividades operacionales y de mantenimiento, si los riesgos lo exigiesen;
- c) El empleo de tecnologías de manipulación a distancia en las actividades operacionales y de mantenimiento, si los riesgos lo exigiesen;
- d) El establecimiento de controles, por ejemplo, límites a las actividades, si se trasladan o retiran elementos de zonas de contaminación más elevada a zonas de menor contaminación.

2.3. La idoneidad de los controles establecidos para limitar la exposición de los trabajadores y del público debería verificarse, cuando procediere, mediante la supervisión del personal, la zona y la descarga.

2.4. Los escapes o las emisiones al medio ambiente de materiales radiactivos de instalaciones de gestión previa a la disposición final de DABI deberían controlarse de conformidad con las recomendaciones facilitadas en la Ref. [14] y con los límites y condiciones que haya establecido el órgano regulador.

2.5. A veces, la gestión previa a la disposición final de los DABI se lleva a cabo en otro Estado mediante contrato o, en algunos casos, las actividades de gestión de desechos llevadas a cabo en un Estado podrían dar lugar a exposiciones en Estados adyacentes. Así pues, se deberían tener en cuenta las exposiciones dentro de las fronteras nacionales y más allá de éstas al adoptar medidas para la reducción de las exposiciones en la gestión previa a la disposición final de los DABI.

2.6. Toda instalación de gestión previa a la disposición final de los DABI debería diseñarse de modo que en lo posible se eviten los incidentes y se prevengan los accidentes y que, si se producen, se mitiguen sus consecuencias.

2.7. El riesgo radiológico es la preocupación primordial en materia de seguridad que plantean los DABI. Ahora bien, al diseñar y explotar instalaciones de gestión previa a la disposición final de los DABI también se deberían tener en cuenta los riesgos que encierran para la salud humana y el medio ambiente por sus otras características físicas y químicas. Se debería proporcionar protección frente a los riesgos no radiológicos de conformidad con las normas pertinentes sobre salud y seguridad y protección del medio ambiente.

2.8. Se debe fomentar y mantener una cultura de la seguridad tecnológica en todas las organizaciones que intervienen en la gestión previa a la disposición final de los DABI, desde su generación hasta su disposición final, si procede, para estimular una actitud indagadora, de aprendizaje y autodisciplina con respecto a la protección y la seguridad y desalentar toda autocomplacencia (Ref. [13], párr. 2.28; Ref. [15]).

3. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES

CONSIDERACIONES GENERALES

3.1. La gestión previa a la disposición final de los DABI debe realizarse dentro de un marco legal nacional apropiado que asigne claramente las diferentes responsabilidades [1] y con un control reglamentario eficaz de las instalaciones y actividades de que se trate (Ref. [2]; Ref. [3], párrs. 3.5–3.9). El marco legal nacional también permitirá observar otras leyes nacionales e internacionales. Aunque por lo general las leyes son de carácter general, el ordenamiento jurídico nacional puede permitir la promulgación de reglamentos consagrados específicamente a los emplazamientos para la gestión previa a la disposición final de los DABI. En la Ref. [2] se establecen los requisitos en lo que respecta a las responsabilidades de establecer ese marco y las responsabilidades del órgano regulador en cuanto a garantizar la seguridad de la gestión previa a la disposición final de los DABI.

3.2. La gestión previa a la disposición final de los DABI puede comprender el traslado de los desechos radiactivos de un explotador a otro o el procesamiento de los DABI en otro Estado. El marco legal establecido debería contener disposiciones que asegurasen una asignación clara de la responsabilidad de la

seguridad durante toda la gestión previa a la disposición final de los DABI, comprendido cualquier traslado entre explotadores. También se debería estudiar la clausura de todas las instalaciones en las que se gestionasen DABI. Esta continuidad de la responsabilidad de la seguridad debería garantizarse mediante las apropiadas autorizaciones del órgano regulador (por ejemplo, mediante una licencia o una serie de licencias, de conformidad con el marco jurídico nacional y los acuerdos entre los Estados que interviniesen en el desplazamiento transfronterizo de DABI).

3.3. No se debería confiar a una sola organización estatal la responsabilidad operacional y de reglamentación de la gestión de los desechos radiactivos. Ahora bien, si no se pudiera evitar, deberían especificarse claramente y estar separadas funcionalmente las responsabilidades de reglamentación y las operacionales.

RESPONSABILIDADES DEL ÓRGANO REGULADOR

3.4. Con respecto a la gestión previa a la disposición final de los DABI, al igual que en todos los aspectos de sus obligaciones estatutarias, el órgano regulador debe actuar dentro del marco jurídico nacional para definir las políticas, los principios en materia de seguridad tecnológica y los criterios conexos y establecer los requisitos que sirvan de base a sus medidas de reglamentación (Ref. [2], párrs. 3.1 y 3.2). El órgano regulador está obligado a dar orientaciones a los explotadores sobre cómo cumplir los requisitos para la gestión previa a la disposición final de los DABI. En cumplimiento de sus obligaciones, el órgano regulador debe desempeñar varias de las funciones que se establecen en la Ref. [2], las principales de las cuales son:

- a) Examinar y evaluar las solicitudes y los informes de los explotadores sobre seguridad;
- b) Expedir, modificar, suspender o revocar autorizaciones;
- c) Efectuar inspecciones reglamentarias;
- d) Velar por que se adopten medidas correctoras si se detectan situaciones de falta de seguridad o que puedan serlo;
- e) Adoptar las acciones coercitivas necesarias en caso de infracción de los requisitos reglamentarios.

3.5. En la Ref. [16] figuran recomendaciones sobre el examen y la evaluación por el órgano regulador de las instalaciones y actividades que intervienen en la gestión de los DABI. En la Ref. [17] se recogen recomendaciones sobre la

documentación que el órgano regulador debería exigir presentar al explotador de una instalación nuclear con miras al proceso de reglamentación.

3.6. El órgano regulador debería preparar cuanto antes directrices para la clausura de las instalaciones de gestión de DABI. El explotador debería observar esas directrices al escoger opciones en materia de diseño y prácticas de explotación, con objeto de facilitar la clausura.

3.7. Como pueden ser muy largos los períodos entre el acondicionamiento de los DABI y su disposición final, habría que prestar especial atención a asegurar que se disponga de los recursos humanos, técnicos y financieros necesarios cuando hagan falta y que se disponga de la información precisa. El órgano regulador debería velar por que existiera, conforme a la modalidad adecuada a cada caso, un medio de obtener los recursos y por que se preparasen y conservasen los registros necesarios durante un tiempo adecuado. En las Refs. [2, 17] figura una lista de los registros necesarios.

3.8. El órgano regulador debería normalmente dar orientaciones a los explotadores que lleven a cabo la gestión previa a la disposición final de los DABI acerca de lo siguiente:

- a) Criterios para la protección de la salud humana y del medio ambiente;
- b) Requisitos para la seguridad tecnológica nuclear;
- c) Criterios para las descargas autorizadas y el reciclado autorizado;
- d) Requisitos para suprimir el control reglamentario de los materiales;
- e) Criterios para la clasificación de los desechos radiactivos;
- f) Estrategias para la gestión de los desechos radiactivos;
- g) Criterios de aceptación para el almacenamiento de larga duración y/o la disposición final de desechos radiactivos;
- h) Procesos y procedimientos para la concesión de una licencia o una autorización de otro tipo;
- i) Procedimientos para la modificación de plantas o procedimientos;
- j) Políticas y procedimientos seguidos por el órgano regulador para verificar el cumplimiento y aplicar acciones coercitivas;
- k) El calendario y el contenido de los informes periódicos que el explotador deberá presentar al órgano regulador;
- l) Cultura de la seguridad tecnológica;
- m) Garantía de calidad.

3.9. El órgano regulador debería verificar los aspectos fundamentales de las operaciones de gestión previa a la disposición final de los DABI que ha de

realizar el explotador, por ejemplo, la conformidad del bulto acondicionado de los DABI con los requisitos de aceptación de la instalación de disposición final o la instalación de almacenamiento de larga duración.

3.10. Se espera que las autoridades públicas consulten al órgano regulador acerca de todas las cuestiones relativas a la política y la estrategia en materia de seguridad de la gestión de los DABI y el órgano regulador debería prestar asesoramiento de esa índole sobre las cuestiones relativas a la seguridad de las instalaciones y actividades y en lo relativo a la protección y la seguridad en caso de emergencia (Ref. [2], párrs. 3.3 y 6.6).

RESPONSABILIDADES DE LOS EXPLOTADORES

3.11. Antes de iniciar la construcción o una modificación de importancia de una instalación de gestión previa a la disposición final de los DABI, el explotador está obligado a presentar al órgano regulador una solicitud en la que se detallen el diseño y las prácticas operacionales que se proponen, junto con una evaluación de la seguridad tecnológica, de conformidad con los requisitos reglamentarios (Ref. [2], sección 5). En la solicitud se deberían justificar las prácticas propuestas y demostrar su seguridad mediante una evaluación como la descrita en la sección 7. Antes de la concesión por el órgano regulador de una autorización para comenzar las operaciones utilizando materiales radiactivos, convendría que el explotador efectuara ensayos previos a la explotación y a la puesta en funcionamiento, según exija el órgano regulador, a fin de demostrar que se cumplen los requisitos en materia de diseño y otros requisitos de seguridad.

3.12. El explotador puede procesar, almacenar los DABI o efectuar su disposición final de manera aprobada utilizando sus propias instalaciones, o bien puede trasladar desechos en algún momento a otro explotador. Si lo hiciese, debería encontrar lugares de destino apropiados y cuidar de que los traslados de DABI se hagan únicamente a organizaciones autorizadas. Debería ser responsabilidad del explotador asegurar que los desechos radiactivos sean transportados en condiciones de seguridad y de conformidad con los reglamentos nacionales e internacionales para el transporte seguro de materiales radiactivos [10]. El explotador es responsable de la seguridad de todas las actividades en la gestión previa a la disposición final de desechos, aunque se contrate el trabajo a un tercero. Todo transporte de desechos a otros Estados debe observar las obligaciones internacionales como las establecidas en el artículo 27 de la Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del

combustible gastado y seguridad en la gestión de desechos radiactivos [18]. El explotador también debería asumir la plena responsabilidad de que los bultos de desechos cumplan los requisitos de aceptación para la disposición final de los DABI. De no aplicarse esos requisitos, el explotador debería examinar cuidadosamente la compatibilidad del bulto de desechos con los requisitos de aceptación previstos para la disposición final, a fin de dar una garantía razonable de que los DABI acondicionados serán aceptados con miras a su disposición final.

3.13. El explotador debería preparar planes para las actividades de clausura y la gestión de las emergencias y establecer mecanismos que aseguren que haya recursos financieros suficientes para llevar a cabo todas las tareas durante la vida útil de una instalación de gestión de DABI [3]. Las actividades que incumbe realizar al explotador se detallan en la Ref. [2], cuyos requisitos habría que adaptar en cada caso a la gestión previa a la disposición final de los DABI.

3.14. En algunos Estados se han creado organismos especializados con la finalidad de prestar servicios de gestión de desechos. Debería existir entre todas las partes una comunicación adecuada para asegurar la eficacia y la efectividad del sistema general. Aunque puede arrojar beneficios de carácter general, el aprovechamiento compartido de la información antes mencionado debería tener por objetivo primordial la mejora de la seguridad gracias a las enseñanzas extraídas de la explotación.

4. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE SEGURIDAD TECNOLÓGICA

INTERDEPENDENCIA

4.1. Existen interdependencias entre todas las fases de la gestión de los DABI, desde la generación de los desechos hasta su disposición final. Al seleccionar estrategias y actividades para la gestión previa a la disposición final de los DABI, habría que planear todas sus diferentes etapas para adoptar un enfoque equilibrado de la seguridad en el programa general de gestión y evitar discrepancias entre los requisitos de seguridad y los operacionales. Respecto de cada etapa de la gestión de los DABI hay varias alternativas. Para garantizar la seguridad, se debería evaluar todas las diferentes etapas, como etapas aisladas

del proceso y como parte de un sistema integrado en el que las fases son complementarias y mutuamente dependientes. Por ejemplo, en las opciones en materia de tratamiento y acondicionamiento de los DABI influyen los requisitos establecidos o previstos para la aceptación de un repositorio.

4.2. Para alcanzar la continuidad de las operaciones, habría que tener presentes las interdependencias entre las fases de la gestión previa a la disposición final de los DABI. En concreto, se deberían abordar los siguientes aspectos:

- a) La identificación de las interfaces y la determinación de las responsabilidades de las diversas organizaciones presentes en esas interfaces;
- b) El establecimiento de criterios de aceptación, cuando sea necesario, y la confirmación de la conformidad con los criterios de aceptación mediante ensayos o pruebas de verificación o el examen de los registros.

4.3. Habría que evaluar sistemáticamente cada una de las fases del programa de gestión de los DABI para identificar los riesgos. De ser posible, se debería eliminar los riesgos; si no, habría que reducirlos al mínimo modificando el diseño o los procedimientos operacionales.

4.4. En la mayoría de los programas de gestión de DABI, hay que adoptar decisiones sobre la gestión previa a la disposición final antes de que estén ultimados los requisitos de aceptación de los desechos para su disposición final. Las decisiones sobre la gestión previa a la disposición final de los DABI deberían adoptarse y llevarse a cabo de manera que a la larga se asegure el cumplimiento de los requisitos de aceptación de los desechos para su disposición final. Concretamente, al diseñar y preparar los bultos de desechos para la disposición final de los DABI, se debería estudiar la idoneidad de los bultos para su transporte y almacenamiento, comprendida la recuperación, y para su colocación en una instalación de disposición final basándose en los requisitos de aceptación de los desechos que se prevea que se establezcan.

4.5. Como se establece en la sección 4 de la Ref. [3], el explotador y el órgano regulador están obligados a asumir responsabilidades específicas en lo que hace a determinar las opciones adecuadas para la gestión previa a la disposición final de los DABI y a evitar que se impongan requisitos contradictorios que puedan poner en peligro la seguridad de la gestión previa a la disposición final de los DABI.

ELECCIÓN DE LA OPCIÓN PREFERIDA

4.6. El explotador debería especificar y evaluar varias opciones para gestionar los DABI y justificar la opción preferida. Al respecto, habría que tomar en cuenta los siguientes factores:

- a) Los tipos, propiedades físicas, composición química, volúmenes y contenido de radionucleidos de los inventarios de los desechos radiactivos existentes y las previsiones de generación en el futuro de desechos radiactivos;
- b) Los criterios de aceptación autorizados de los desechos radiactivos para todas las fases de la gestión, comprendidos el almacenamiento y la disposición final;
- c) La existencia de instalaciones y opciones de disposición final adecuadas;
- d) La existencia de tecnologías de procesamiento apropiadas;
- e) Los requisitos reglamentarios para el uso autorizado, las descargas autorizadas y la supresión del control reglamentario.

CONTROL DE LA GENERACIÓN DE DESECHOS

4.7. Es imposible evitar completamente la generación de desechos radiactivos, pero reducirla todo lo posible ('minimización de desechos') debería ser un objetivo esencial de la gestión de los desechos radiactivos [1]. La minimización de los desechos se refiere tanto a su volumen como a su actividad y lo mismo a los desechos generados por una actividad inicial que a los desechos secundarios resultantes de la gestión previa a la disposición final de los desechos radiactivos. También se deberían controlar en la fuente las características químicas de los desechos para facilitar el procesamiento posterior de los desechos.

4.8. Las estrategias útiles para la minimización de desechos consisten en:

- a) Reducir el volumen de los desechos radiactivos que se han de gestionar, mediante su adecuada segregación y manteniendo los materiales no radiactivos fuera de las zonas sometidas a control para impedir que se contaminen;
- b) La correcta planificación de las actividades y el empleo de equipo adecuado para manipular los desechos a fin de controlar la generación de desechos secundarios;

- c) La descontaminación de los materiales, junto con el control de los desechos secundarios a que dé lugar la descontaminación;
- d) El reciclado y la reutilización de los materiales y estructuras, sistemas y componentes.

4.9. Los desechos radiactivos deberían ser reducidos en la fuente, porque es el método más eficiente para minimizar los desechos. Para la minimización de desechos habría que tomar en consideración el diseño de la instalación y los elementos operacionales, comprendidos los siguientes aspectos:

- a) La selección cuidadosa de los materiales, procesos y estructuras, sistemas y componentes de la instalación;
- b) La selección de opciones de diseño que favorezcan la minimización de desechos cuando se clausure la instalación;
- c) El empleo de técnicas y equipo eficaces y fiables;
- d) La contención y el embalaje de los materiales radiactivos para mantener su integridad;
- e) La descontaminación de las zonas y el equipo y la prevención de la difusión de la contaminación.

CLASIFICACIÓN DE LOS DESECHOS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

4.10. Los DABI deben ser clasificados en las distintas fases de su gestión previa a la disposición final para obtener información sobre sus propiedades que se utilice para controlar la calidad de los productos, verificar el proceso y facilitar con ello las fases siguientes de procesamiento seguro y la ulterior disposición final de los DABI (Ref. [3], párrs. 5.4 y 5.14).

4.11. Los requisitos relativos a los datos para la clasificación y los métodos para recopilar los datos diferirán en función del tipo y la forma de los DABI (si son líquidos o están solidificados). Cuando se procesan flujos de desechos, se puede efectuar la clasificación tomando muestras y analizando las propiedades químicas, físicas y radiológicas de los desechos. Se puede investigar la calidad de los bultos de desechos con métodos no destructivos y, rara vez, también con métodos destructivos. Ahora bien, cabe aplicar métodos indirectos de clasificación basados en el control de los procesos y el conocimiento de los procesos en lugar (o además) del muestreo y la inspección de los bultos de desechos para evitar toda exposición ocupacional innecesaria. Los métodos de clasificación en el procesamiento de los desechos deberían ser aprobados por el órgano regulador en el proceso de autorización.

4.12. Un objetivo importante de la gestión previa a la disposición final de los DABI debería ser producir bultos de desechos que se pueda manipular, transportar, almacenar y someter a disposición final con seguridad. Concretamente, habría que acondicionar los DABI para que cumpliesen los requisitos de aceptación para su disposición final. A fin de garantizar razonablemente que los desechos acondicionados puedan ser aceptados para su disposición final, si bien puede que todavía no se hayan formulado requisitos específicos al respecto, habría que prever en lo posible opciones para la gestión en el futuro de los DABI y los correspondientes requisitos de aceptación de los desechos. Los requisitos de aceptación de los desechos se pueden satisfacer dotándolos de un sobreembalaje ajustado a las condiciones específicas del emplazamiento del repositorio y a las características de los DABI y los componentes mecánicos de la instalación de disposición final. En el anexo II figura una lista de las propiedades y características típicas que habría que tener presentes respecto de los bultos de desechos en la gestión previa a la disposición final de los DABI.

4.13. Para asegurar la aceptación de los bultos de desechos para la disposición final, se debería establecer un programa de elaboración de un proceso de acondicionamiento que apruebe el órgano regulador. Los elementos adoptados para clasificar los desechos y controlar el proceso deberían dar confianza en que se asegurarán las propiedades de los bultos de desechos. En la sección 8 se dan orientaciones para ejecutar un programa de garantía de calidad propio de la gestión previa a la disposición final de los DABI.

CUALIFICACIÓN DEL PERSONAL

4.14. En un proceso de gestión de desechos típico, cada fase del proceso depende de que se hayan cumplido satisfactoriamente los requisitos fijados a las actividades de la fase anterior. El personal encargado de la explotación de instalaciones en que se generan y/o gestionan DABI debería seguir un programa de formación especificado que garantizase que comprende los procesos llevados a cabo y las interrelaciones de todas las fases del proceso de gestión de los desechos y las consecuencias de un error del explotador sobre la seguridad y la generación de desechos. Sin ese conocimiento, se podría producir, por ejemplo, un bulto de desechos que no satisficiera los criterios de aceptación para su procesamiento, almacenamiento o disposición final posteriores o que pudiese ofrecer un riesgo.

4.15. El personal asignado a seleccionar las tecnologías de los procesos de la gestión previa a la disposición final de los DABI también debería ser formado y estar cualificado para desempeñar sus funciones. Además, los explotadores de la gestión previa a la disposición final de los DABI deberían aportar cantidades adecuadas de trabajadores cualificados y con experiencia para operar y mantener el equipo, los procesos y los sistemas de gestión previa a la disposición final de los desechos radiactivos y los sistemas de servicios. En todas las fases de la gestión previa a la disposición final de los desechos radiactivos el explotador tendría que asegurarse de que el personal dedicado a actividades de explotación y mantenimiento y el personal técnico comprenda la índole de los desechos y los riesgos que conllevan, los procedimientos de explotación pertinentes y los procedimientos de seguridad conexos, así como los procedimientos a seguir en caso de producirse un incidente o un accidente.

FACILITACIÓN DE LA CLAUSURA

4.16. En el diseño de una instalación de gestión previa a la disposición final de los desechos radiactivos habría que estudiar la clausura a la larga de la instalación, tanto para facilitar las actividades de clausura como para mantener la generación de desechos radiactivos en la cantidad mínima posible. Un objetivo final de la clausura es posibilitar la supresión parcial o completa del control reglamentario de la instalación. Figuran más recomendaciones sobre la clausura en las Refs. [5–7].

4.17. Los requisitos para clausurar instalaciones de gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos se establecen en la Ref. [3]. En la Ref. [5] se formulan recomendaciones para cumplir esos requisitos de las instalaciones de gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos. Los elementos fundamentales que habría que tener presentes para la clausura de instalaciones de gestión previa a la disposición final de los DABI, conforme se especifica en la Ref. [5], son:

- a) La selección de una modalidad de clausura en la que se tengan en cuenta los radionucleidos presentes en los desechos residuales, los factores técnicos, los costos, los plazos y los factores institucionales.
- b) La elaboración de un plan de clausura, que comprenda un plan inicial y un plan final en el que se tengan en cuenta todas las modificaciones de importancia de la instalación y la información extraída de su historial operacional después de haberse preparado el plan de clausura inicial.

- c) La especificación de las tareas críticas que requiere su clausura; especialmente, la descontaminación, el desmantelamiento, la demolición, la vigilancia y la realización de un reconocimiento radiológico final.
- d) Las funciones de gestión importantes para su clausura, como la formación, el control institucional, la monitorización radiológica, la planificación y el control de la gestión de los desechos, la protección física, las salvaguardias y la garantía de calidad.

4.18. Habría que estudiar debidamente los aspectos del diseño y operacionales que influirán en la seguridad tecnológica de la clausura (por ejemplo, los procesos químicos o mecánicos que tienen lugar) para facilitar la clausura de una instalación cuando se produzca. Las consideraciones relativas al diseño con miras a la clausura y las medidas de clausura deberían ser coherentes con los riesgos que se prevea que presente la instalación.

PREPARACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN SOBRE SEGURIDAD

4.19. Dentro de un sistema nacional de gestión de desechos radiactivos, y atendiendo a las responsabilidades de los explotadores [2], el órgano regulador puede pedir al explotador que presente documentación relativa a la seguridad para sustentar la solicitud de una licencia o una autorización de otro tipo para una instalación de gestión previa a la disposición final de los desechos. En los documentos relativos a la seguridad de una empresa compleja deberían tratarse cuestiones como las siguientes:

- a) Una descripción de la instalación y sus componentes, equipo y sistemas;
- b) Las características del emplazamiento;
- c) Las características de los desechos que se prevé gestionar y los pertinentes criterios de aceptación;
- d) Una descripción de los métodos de manipulación y procesamiento y el cuerpo de desechos resultante;
- e) El almacenamiento temporal de los desechos en las distintas fases de su procesamiento;
- f) La generación y la gestión de desechos radiactivos secundarios;
- g) El control de las descargas de efluentes;
- h) El control institucional de las operaciones;
- i) Evaluaciones de la seguridad tecnológica y evaluaciones de las consecuencias sobre el medio ambiente;
- j) Los programas de supervisión y vigilancia;
- k) El programa de formación del personal;

- l) Los aspectos de salvaguardias, cuando proceda, y la seguridad física de los materiales radiactivos;
- m) El plan de preparación ante emergencias;
- n) El programa de garantía de calidad;
- o) El plan de clausura.

5. ELEMENTOS DE SEGURIDAD TECNOLÓGICA DE LA GESTIÓN PREVIA A LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DABI

CONSIDERACIONES GENERALES

5.1. La finalidad primordial de la gestión previa a la disposición final de los DABI es elaborar un producto de desechos que cumpla los criterios de aceptación para la disposición final y los requisitos relativos a todas las actividades conexas de manipulación, transporte y almacenamiento. La gestión previa a la disposición final de los DABI también puede llevar a la generación de desechos o materiales apropiados para su descarga autorizada, su utilización autorizada, la dispensa del control reglamentario o la disposición final.

5.2. Los DABI deberían ser procesados y almacenados de conformidad con procedimientos documentados, basándose en los documentos sobre seguridad aprobados por el órgano regulador y en la experiencia operacional. Las actividades de gestión previa a la disposición final de los DABI deberían llevarse a cabo de manera rigurosa para asegurar que se alcance y mantenga el adecuado nivel de funcionamiento. Los pormenores de cualquier cambio en la explotación que sea importante para la seguridad deberían ser comunicados al órgano regulador. Si el cambio entraña un apartamiento del fundamento de la licencia o autorización, puede requerir la aprobación del órgano regulador.

5.3. Las preocupaciones de carácter general que plantean los materiales radiactivos y la seguridad tecnológica de la instalación en la gestión previa a la disposición final de los DABI son:

- a) La limitación de la exposición externa e interna de los trabajadores debida, por ejemplo, a la irradiación externa y los radionucleidos transportados por el aire;

- b) La evitación de incendios y explosiones;
- c) La reducción al mínimo del escape de desechos líquidos;
- d) La reducción al mínimo de las emisiones de radionucleidos volátiles o transportados por el aire;
- e) La prevención de la criticidad, especialmente en circunstancias en que se podrían concentrar desechos que contuvieran isótopos fisibles a causa del procesamiento, como en la precipitación o la incineración de desechos.

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN Y DE EQUIPO DE GESTIÓN PREVIA A LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DABI

5.4. Los requisitos de las instalaciones de gestión previa a la disposición final de los DABI variarán en función del volumen y las características de los desechos, como la índole de los radionucleidos, su actividad, la composición química y la forma física de los desechos y los riesgos no radiológicos que presenten.

5.5. Las instalaciones de gestión previa a la disposición final de los DABI deberían tener capacidad bastante para procesar todos los desechos de ese tipo que se generasen y la capacidad de almacenamiento tendría que ser suficiente para contrarrestar las incertidumbres en cuanto a la disponibilidad de instalaciones de tratamiento, acondicionamiento y disposición final. Al diseñar una instalación habría que tener en cuenta la posible necesidad de procesar desechos que puedan producir incidentes y accidentes que se salgan de lo habitual y de actividades importantes de mantenimiento que exijan desmantelar las estructuras, los sistemas o los componentes de instalaciones nucleares.

5.6. Las instalaciones de gestión previa a la disposición final de los DABI de un emplazamiento determinado deberían estar situadas en la misma zona, en la medida de lo posible, para reducir la necesidad de transportar los desechos de un lugar a otro para su procesamiento y almacenamiento.

5.7. En el diseño de una instalación de gestión previa a la disposición final de los DABI, se tendría que tomar debidamente en cuenta la necesidad de:

- a) La protección contra la exposición a la radiación (mediante blindaje y contención);
- b) El control del acceso a las zonas en que se procesen y almacenen los desechos y el control de los desplazamientos entre las zonas de radiación y las zonas de contaminación;

- c) La recuperación de los desechos almacenados;
- d) La clasificación de los desechos y el control del inventario;
- e) La inspección de los desechos y su contención;
- f) La gestión de los desechos y bultos de desechos que no cumplan las especificaciones;
- g) El control de los efluentes líquidos y gaseosos;
- h) La ventilación y la filtración de las emisiones de materiales radiactivos transportados por el aire;
- i) La gestión de los desechos que encierren riesgos no radiológicos;
- j) La labor de mantenimiento y la eventual clausura;
- k) La protección contra incendios y la prevención de explosiones;
- l) La prevención de la criticidad;
- m) Los controles de salvaguardias y controles de la seguridad física de los materiales nucleares teniendo debidamente en cuenta la seguridad tecnológica.

PROCESAMIENTO DE LOS DABI

Tratamiento previo

5.8. El procesamiento de los DABI comprenderá operaciones de tratamiento previo como la recolección de los desechos, su segregación, ajuste químico y descontaminación.

5.9. El tratamiento previo puede dar lugar a una reducción de la cantidad de DABI que precisen de un procesamiento ulterior y de ser sometidos a disposición final. Se puede tomar medidas para ajustar las características de los desechos, hacer que se presten más a un procesamiento ulterior y reducir o eliminar determinados riesgos que planteen los desechos por sus propiedades radiológicas, físicas, químicas o patógenas.

5.10. La primera operación del tratamiento previo de DABI consiste en recolectar los materiales radiactivos de desechos, segregándolos según proceda en función de sus propiedades radiológicas, físicas, químicas y patógenas. Los DABI que contengan predominantemente radionucleidos con período de semidesintegración breve no deberían mezclarse con desechos con períodos de semidesintegración largos. Al segregar los DABI también se debería tener en cuenta si se puede suprimir el control reglamentario de los desechos o si éstos pueden ser reciclados o descargados, ya fuere directamente o bien después de un período de desintegración.

5.11. Para facilitar el tratamiento posterior y mejorar la seguridad, los DABI sólidos deberían ser segregados de conformidad con la estrategia general de gestión de los desechos y las instalaciones existentes. En la segregación habrán de tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Si los desechos son combustibles o no combustibles, en caso de que su incineración sea una opción viable;
- b) Si se pueden comprimir o no, en caso de que compactarlos sea una opción viable;
- c) Si son o no metálicos, en caso de que su fundición sea una opción viable;
- d) Si la contaminación superficial es fija o no fija, en caso de que la descontaminación sea una opción viable.

Se debería tener especial cuidado al segregar materiales y objetos que sean pirofóricos, explosivos, reactivos químicamente o peligrosos por otros motivos, o bien que contengan líquidos libres o gases presurizados.

5.12. Varios procesos de descontaminación suprimen la contaminación superficial empleando una combinación de métodos mecánicos, químicos y electroquímicos. Se debería procurar limitar la cantidad de desechos secundarios generados y cuidar de que las características de los desechos secundarios fuesen compatibles con las siguientes fases del proceso de gestión de los desechos.

5.13. En la medida de lo posible, se debería clasificar los DABI líquidos basándose en sus propiedades radiológicas, químicas y patógenas para facilitar su recolección y segregación. Mediante una clasificación correcta puede ser posible descargar los desechos dentro de límites autorizados, siempre y cuando se presten a ello las características no radiológicas de los desechos.

5.14. La mezcla de flujos de DABI debería limitarse a los flujos que fuesen compatibles radiológica y químicamente. Si se planea mezclar flujos de desechos químicamente diferentes, habría que efectuar una evaluación de las reacciones químicas que podrían producirse para evitar reacciones no controladas o imprevistas, especialmente la emisión no prevista de radionucleidos volátiles o aerosoles radiactivos. Los desechos líquidos orgánicos requieren un tratamiento diferente por su naturaleza química y habría que segregarlos y mantenerlos separados de los flujos de DABI acuosos. Los líquidos de desechos orgánicos también pueden ser inflamables y al recolectarlos y almacenarlos se deberían adoptar las adecuadas disposiciones para su ventilación y protección contra incendios.

Supresión del control reglamentario de materiales de desechos y descargas al medio ambiente

5.15. La gestión de los DABI, especialmente las actividades de segregación y tratamiento previo, debería realizarse de manera tal que se minimizase la cantidad de desechos radiactivos que luego fuesen tratados, almacenados y sometidos a disposición final [1]. En la medida de lo posible se debería recurrir a opciones de gestión como la descarga autorizada, la disposición final autorizada, el reciclaje, la reutilización y la supresión del control reglamentario de los materiales, de conformidad con las condiciones y los criterios establecidos por el órgano regulador [3]. Cuando fuese apropiado, se debería emplear la descontaminación y/o un período de almacenamiento suficientemente largo para que tenga lugar la desintegración radiactiva, a fin de que se pueda suprimir el control reglamentario a los materiales de desechos.

Supresión del control reglamentario de los materiales

5.16. Las Normas básicas de seguridad disponen que “Las fuentes, inclusive sustancias, materiales y objetos [comprendidos los desechos], adscritas a prácticas notificadas o autorizadas podrán ser liberadas del cumplimiento en lo sucesivo de los requisitos prescritos por las Normas siempre que se ajusten a los niveles de dispensa aprobados por la autoridad reguladora. Estos niveles de dispensa deberán tener en cuenta los criterios de exención especificados en la Adenda I [una dosis efectiva del orden de 10 μ Sv o menos en un año y o bien que la dosis efectiva colectiva comprometida resultante de un año de realización de la práctica no sea superior a 1 Sv-hombre, aproximadamente, o bien que una evaluación de la optimización de la protección demuestre que la exención es la opción óptima] y no deberán ser mayores que los niveles de exención especificados en dicha Adenda o los fijados por la autoridad reguladora sobre la base de los criterios especificados en la citada Adenda I, a no ser que la autoridad reguladora apruebe otra cosa” (Ref. [13], párr. 2.19).

5.17. El generador o el explotador de desechos deberían tener un mecanismo oficial que demuestre el cumplimiento de los requisitos reglamentarios en lo relativo a dispensar a los materiales del control reglamentario. Además, se deberían cumplir otros requisitos sobre escapes y emisiones referentes a cualesquiera otros aspectos peligrosos de los desechos.

Descargas de materiales radiactivos transportados por el aire y líquidos en el medio ambiente

5.18. Entre los principios de la gestión segura de los desechos radiactivos está el mantener las emisiones de los diversos procesos de la gestión de los desechos al nivel mínimo practicable [1]. Ahora bien, dentro de un programa optimizado de gestión de los desechos radiactivos, la descarga de efluentes radiactivos en el medio ambiente, bajo control y autorizada por el órgano regulador, puede ser la opción más razonable. Las limitaciones y los controles de esas descargas debería establecerlos el órgano regulador [14].

Supresión del control reglamentario de edificios y emplazamientos

5.19. Cuando se clausuren edificios y emplazamientos y antes de la supresión del control reglamentario, habría que gestionar, eliminar y trasladar correctamente a una instalación autorizada de almacenamiento o disposición final todos los desechos residuales. Las instalaciones y los emplazamientos deberían ser descontaminados hasta los niveles que exija el órgano regulador. En las Refs. [5–7] figuran recomendaciones y orientaciones al respecto.

Tratamiento

5.20. El tratamiento de los DABI puede comprender:

- a) La reducción del volumen de los desechos (por incineración de los desechos combustibles, compactado de los desechos sólidos y segmentación o desmontaje de componentes o equipo de desechos voluminosos);
- b) La eliminación de los radionucleidos (por evaporación o intercambio de iones en los flujos de desechos líquidos y filtración de los flujos de desechos gaseosos);
- c) El cambio de forma o de composición (mediante procesos químicos como la precipitación, la floculación y la digestión ácida, además de la oxidación química y térmica);
- d) La modificación de las propiedades de los desechos.

5.21. La incineración de los DABI sólidos combustibles consigue normalmente la máxima reducción de volumen, además de producir un cuerpo de desechos estable. Después de la combustión, se distribuirán los radionucleidos de los desechos entre las cenizas, los productos procedentes de la limpieza de los gases de escape y las descargas apiladas. La distribución dependerá del diseño

y de los parámetros de explotación del incinerador y de la índole de los radionucleidos que contengan los desechos. La incineración es también una técnica ventajosa para tratar líquidos orgánicos radiactivos porque los productos de la combustión completa son cenizas, dióxido de carbono y agua. Otros elementos constitutivos de los desechos pueden producir gases ácidos y productos de la combustión corrosivos y, por lo tanto, conviene tener presentes los efectos de la corrosión de los componentes del incinerador y de las emisiones ácidas a la atmósfera. Puede ser necesario depurar los gases para prevenir la descarga de materiales peligrosos radiactivos y no radiactivos y convendría estudiar su aplicación. Habría que prestar atención a los radionucleidos que se acumulan en los residuos del sistema de limpieza de los gases y a los que quedan en las cenizas y a su acondicionamiento posterior.

5.22. Las emisiones de radionucleidos en el medio ambiente están determinadas en gran medida por las condiciones operacionales del incinerador, especialmente el control de la temperatura y los tipos y cantidades de desechos incinerados y su contenido de radionucleidos. En los incineradores que procesen importantes cantidades de desechos radiactivos, el explotador debería monitorear los radionucleidos de la descarga en montones con medidas apropiadas para que las concentraciones y cantidades descargadas estén dentro de los límites especificados por el órgano regulador y sean coherentes con los parámetros modelizados en la evaluación de la seguridad tecnológica. Entre los productos de la incineración puede haber ácidos, bifenilos policlorados y varias sustancias más que encierren riesgos no radiológicos, que habría que tener en cuenta.

5.23. El compactado es un método apropiado para reducir el volumen de determinados tipos de desechos. Habría que definir y controlar bien las características de los materiales a compactar y la reducción de volumen buscada. Al seleccionar o diseñar y explotar un compactador habría que tener en cuenta las siguientes consecuencias del compactado:

- a) La posible emisión de radionucleidos volátiles y otros contaminantes radiactivos transportados por el aire;
- b) La posible emisión de líquido contaminado durante el compactado;
- c) La reactividad química de los materiales durante el compactado y después de éste;
- d) Los posibles riesgos de incendio y explosión debidos a materiales pirofóricos o explosivos o a componentes presurizados.

5.24. Se puede recurrir a la segmentación o desmontaje y a otras técnicas de reducción del tamaño antes de acondicionar desechos que son voluminosos o demasiado grandes con respecto al procesamiento previsto (por ejemplo, componentes o estructuras gastados). Los procesos para lograrlo suelen emplear cuchillas con llamas a temperatura elevada, diversos métodos de serrado, cizallamiento hidráulico, corte abrasivo y corte por arco de plasma. Al elegir el método y al hacer funcionar el equipo habría que tener en cuenta los posibles medios de prevenir la difusión de la contaminación por partículas.

5.25. En cuanto a los desechos sólidos no combustibles y no comprimibles, para los que no es una opción válida el retardo y la desintegración o la descontaminación no es una opción viable, se debería estudiar el acondicionamiento directo sin tratamiento previo. Se puede estudiar la fundición de chatarra metálica de DABI, con la consiguiente homogeneización de los materiales radiactivos y su acumulación en la escombrera, como medio para alcanzar la reutilización autorizada o la supresión del control reglamentario.

5.26. Los métodos de tratamiento de los desechos acuosos son la evaporación, la precipitación química, el intercambio iónico, la filtración, la centrifugación, la ultrafiltración, la electrodiálisis, la incineración y la ósmosis inversa. En cada caso, habría que examinar cuidadosamente las limitaciones del proceso debidas a la corrosión, la formación de escamas, la formación de espuma y el peligro de incendio o de explosión en presencia de materiales orgánicos, especialmente con respecto a las consecuencias de las operaciones y el mantenimiento sobre la seguridad tecnológica. Si los desechos contuviesen materiales fisibles, se debería evaluar el potencial de criticidad y eliminarlo en lo posible mediante elementos del diseño y elementos administrativos.

5.27. Normalmente, las resinas de intercambio iónico gastadas se purgan en forma de compuesto acuoso de lodo y luego se gestionan como desechos líquidos, aunque algunos explotadores conservan las resinas en forma de sólido seco. Cuando se arrastren las resinas, debería tenerse cuidado en evitar bloqueos de la corriente que pueden causar puntos calientes de radiación y requerir un mantenimiento especial. También debería tenerse especial cuidado con su almacenamiento prolongado en espera de acondicionamiento, por las posibilidades de que se produzcan reacciones radiolíticas o químicas que generen gases combustibles o provoquen una degradación física o reacciones exotérmicas.

5.28. Pueden producirse líquidos para la descarga como consecuencia del tratamiento de DABI. Todos los líquidos descargados deberían poder dispersarse fácilmente en agua. Si el líquido contiene sustancias en suspensión, puede ser preciso filtrarlo antes de descargarlo. Los desechos que sean inmiscibles con agua deberían quedar completamente excluidos de la descarga. Los líquidos ácidos o alcalinos tendrían que ser neutralizados antes de la descarga. Si los desechos también contienen productos tóxicos u otros productos químicos que pudiesen influir negativamente en el medio ambiente o el tratamiento de las aguas residuales, los desechos deberían ser tratados antes de la descarga de conformidad con los reglamentos de salud y seguridad y protección del medio ambiente.

5.29. Las partículas y los aerosoles radiactivos de los efluentes gaseosos se pueden eliminar por filtración utilizando filtros HEPA (de alta eficiencia para partículas aerotransportadas). Se puede eliminar el yodo y los gases nobles con filtros o lechos de sorción cargados con carbón vegetal activado. Se podría estudiar el empleo de estropajos para eliminar productos químicos gaseosos, partículas y aerosoles de descargas gaseosas. Cuando lo exija el órgano regulador, o si la fiabilidad del sistema es fundamental para el logro de la seguridad tecnológica, se debería usar sistemas redundantes, por ejemplo dos filtros en sucesión, por si acaso se averiase uno. Otros componentes del sistema de descargas gaseosas que habría que tomar en consideración para detectar problemas son los que aseguran el funcionamiento correcto de los filtros, como los filtros preliminares o filtros para partículas gruesas, y los sistemas de control de la temperatura y la humedad, así como el equipo de vigilancia, por ejemplo los manómetros que muestran las diferencias de presión.

5.30. Los filtros y los lechos de sorción usados se consideran desechos sólidos. Las propiedades físicas y químicas de las masas de filtros seleccionados deberían, pues, ser compatibles con los procesos de tratamiento y acondicionamiento de los flujos de DABI sólidos en que serán tratadas. Habría que procurar que las sustancias radiactivas retenidas no se dispersaran de manera no controlada durante la sustitución de los filtros o el tratamiento posterior de las sustancias radiactivas.

Acondicionamiento

5.31. El acondicionamiento de los DABI consiste en las operaciones que producen un bulto de desechos apropiado para su manipulación, transporte, almacenamiento y disposición final en condiciones de seguridad. El acondicionamiento puede abarcar la inmovilización de los desechos líquidos o

dispersables, el encierro de los desechos en un contenedor y el suministro de un sobreembalaje (si procede).

5.32. Los bultos de desechos producidos por el acondicionamiento deberían satisfacer los respectivos criterios de aceptación. Así pues, habría que consultar al órgano regulador y a las organizaciones que explotan o planean explotar servicios de transporte e instalaciones de almacenamiento y disposición final para decidir qué tipos de tratamiento previo, tratamiento y acondicionamiento serán necesarios.

5.33. Los DABI líquidos se transforman a menudo en un cuerpo sólido solidificándolos en una matriz apropiada, como cemento, alquitrán o polímero. También se puede alcanzar la solidificación sin una sustancia matriz, por ejemplo, secándolos. El producto se encierra en un contenedor.

5.34. En la medida de lo posible, el proceso de solidificación de los DABI líquidos debería producir un cuerpo de desechos que tuviese las siguientes características y propiedades:

- a) Compatibilidad (física y química) de los desechos, cualquier sustancia matriz y el contenedor;
- b) Homogeneidad;
- c) Escasa oquedad;
- d) Escasas permeabilidad y lixivialidad;
- e) Estabilidad química, térmica, estructural, mecánica y radiológica durante el período requerido;
- f) Resistencia a sustancias químicas y organismos.

Los DABI sólidos deberían ser estudiados caso a caso. Las características del cuerpo de desechos antes enumeradas se aplican a muchos tipos de DABI sólidos. Algunas de las características (especialmente, la homogeneidad y la escasa oquedad) no corresponden a determinados tipos de DABI sólidos.

5.35. Habría que tener en cuenta que determinados metales, como el aluminio, el magnesio y el zirconio, podrían reaccionar con, por ejemplo, el agua alcalina de un lodo acuoso de cemento o el agua difundida de una matriz cementícea, y producir hidrógeno. Los agentes secuestradores, los líquidos orgánicos o el contenido de petróleo y sales de los desechos líquidos también pueden despertar preocupación en el proceso de acondicionamiento.

5.36. Los desechos y su contenedor deberían ser compatibles. Dependiendo de las características de los desechos y del método de manipulación, transporte y almacenamiento, puede que el contenedor también deba proporcionar blindaje contra la radiación directa. Al seleccionar los materiales de que se compondrá el contenedor y para el acabado de su superficie externa, habrá que tomar en cuenta la facilidad de descontaminación. Si un contenedor no ha sido diseñado inicialmente para que cumpla los pertinentes criterios de aceptación para el transporte, el almacenamiento o la disposición final, será necesario un contenedor adicional o un sobreembalaje para satisfacer los criterios de aceptación. Habría que tener muy presente la compatibilidad del bulto de desechos y el sobreembalaje con las especificaciones en materia de aceptación de los desechos.

5.37. Si puede haber una demora considerable antes de que se disponga de una ruta aceptable a la disposición final, el contenedor debería garantizar la integridad durante el período de almacenamiento de la gestión previa a la disposición final y ser capaz de permitir:

- a) Su recuperación al final del período de almacenamiento;
- b) Su encierro en un sobreembalaje, si fuese necesario;
- c) Su transporte a una instalación de disposición final y manipulación en ella;
- d) Obtener el funcionamiento requerido en el entorno de la disposición final.

ALMACENAMIENTO

5.38. El almacenamiento es una opción que se debería estudiar en cualquier estrategia de gestión de desechos. Debería existir la posibilidad de un almacenamiento correcto en todas las fases del procesamiento de los desechos con miras a su aislamiento y a la protección del medio ambiente; además, debería facilitar la recuperación para las etapas siguientes. En la Ref. [12] figuran recomendaciones sobre almacenamiento seguro de desechos radiactivos.

5.39. Se puede almacenar los DABI para dejar que su radiactividad decline hasta niveles que permitan su descarga autorizada, su utilización autorizada o la supresión del control reglamentario. El almacenamiento también puede ser necesario por motivos operacionales; por ejemplo, para permitir el traslado fuera del emplazamiento a intervalos especificados.

5.40. Se debería proporcionar suficiente capacidad de almacenamiento para los desechos generados en el curso de operaciones normales, con una capacidad de reserva para los desechos generados en los incidentes o sucesos anormales que se pudieren producir. Puede ser necesario ampliar esa capacidad si no se puede trasladar los desechos fuera del emplazamiento porque, por ejemplo, no exista una instalación de disposición final.

5.41. Se podría recolectar y almacenar los desechos contaminados con radionucleidos de período de semidesintegración muy breve (hasta aproximadamente 100 días) hasta que cumpliesen los criterios establecidos por el órgano regulador para la supresión del control reglamentario de los materiales o para su descarga o utilización autorizadas.

5.42. En las instalaciones en las que se generan volúmenes importantes de desechos líquidos, las cisternas recolectoras deberían ser el contenedor preferido para los desechos líquidos. Las cisternas deberían estar construidas con materiales químicamente resistentes, como acero inoxidable, plástico, acero al carbono revestido de caucho o fibra de vidrio. Se debería establecer una contención secundaria en torno a la cisterna para evitar que se difunda la contaminación en caso de fuga o escape. Asimismo, debería estudiarse la conveniencia de establecer un blindaje adecuado.

5.43. Las cisternas de recolección y almacenamiento deberían tener equipo apropiado para remover, ventilar y trasladar los desechos a fin de evitar la sedimentación de los fangos y la acumulación de gases peligrosos en las cisternas. Habría que prever la toma de muestras y la capacidad de reserva necesaria para hacer frente a sucesos imprevistos. El suelo de la sala o zona en que se almacenen o procesen desechos líquidos debería estar impermeabilizado para que no penetrasen líquidos, con objeto de facilitar la descontaminación.

5.44. Se debería asegurar la integridad de los bultos de desechos en situación de almacenamiento y la instalación de almacenamiento tendría que ser capaz de mantener la integridad del bulto de desechos ‘conforme se recibió’ hasta que se recupere para su tratamiento, acondicionamiento o disposición final ulteriores. El diseño de la instalación debería permitir el monitoreo y la inspección de la radiación, comprendido el examen visual o de otro tipo de los bultos de desechos, para obtener una indicación temprana de cualquier deterioro físico o señales de fuga o escape o de la acumulación de gas en los contenedores.

5.45. El monitoreo radiológico y la inspección visual deberían llevarse a cabo cada vez que se manipulen o desplacen los desechos (se almacenen, recuperen

o transporten fuera del emplazamiento). De ese modo, se protegerá a los trabajadores que manipulan los desechos, se ayudará a prevenir la difusión accidental de contaminación y se efectuará un control más del sistema de llevanza de registros.

5.46. La instalación de almacenamiento debería estar correctamente ventilada para expulsar todos los gases generados en situación de funcionamiento normal o en las condiciones que se prevea que comportará un accidente. En el diseño de las instalaciones para el almacenamiento de desechos combustibles convendría incorporar medidas para prevenir, detectar y extinguir incendios.

TRANSPORTE

5.47. Los DABI deberían ser embalados y envasados adecuadamente para su transporte por carretera, ferrocarril, vía aérea o marítima de conformidad con los requisitos legales nacionales, los cuales deberían basarse en los requisitos establecidos en la Ref. [10] o en acuerdos y convenios internacionales.

5.48. El transporte *in situ* de los DABI puede no tener que cumplir todos los requisitos del transporte al exterior del emplazamiento, porque el envío se halla en todo momento bajo control del explotador, el cual es responsable de las operaciones *in situ*. El explotador debería establecer requisitos y autorizaciones para asegurar la seguridad del transporte *in situ*. El explotador de la instalación debería tener en cuenta en los procedimientos de emergencia establecidos para el emplazamiento la posible exposición de un miembro del público como consecuencia del transporte *in situ* de DABI, aunque esa exposición sea improbable.

6. LLEVANZA DE REGISTROS Y PRESENTACIÓN DE INFORMES

LLEVANZA DE REGISTROS

6.1. El explotador de una instalación debería establecer un procedimiento de llevanza y mantenimiento de la documentación y los registros adecuados de conformidad con el programa de garantía de calidad. En la Ref. [19], Guía de

seguridad Q3, se formulan recomendaciones sobre control y registro de documentos. El alcance y el nivel de detalle de los registros dependerán del riesgo y/o la complejidad de la operación propuesta y deberían ser aprobados por el órgano regulador.

6.2. Los registros tendrán diferentes períodos de utilidad. Los requisitos imponen que los registros relativos a la instalación de gestión de desechos, los desechos mismos y el cumplimiento de los criterios de aceptación para la disposición final de los desechos se conserven durante el período que requiera el órgano regulador (Ref. [3], párrs. 3.9 y 3.12). Esos registros deberían contener:

- a) Los datos necesarios para levantar un inventario nacional de desechos;
- b) Los datos necesarios para la clasificación de los desechos;
- c) Los registros de los procesos de control del tratamiento, el embalaje y el acondicionamiento;
- d) Los documentos comprobantes de la adquisición de los contenedores necesarios para confinar los desechos durante determinado período (por ejemplo, en un repositorio);
- e) Las especificaciones de los bultos de desechos y los registros de auditoría de los distintos contenedores y bultos;
- f) Las pautas del comportamiento en explotación;
- g) Los incumplimientos de las especificaciones de los bultos de desechos y las medidas adoptadas para corregirlos;
- h) Los registros de la vigilancia;
- i) Los resultados de las evaluaciones de la seguridad;
- j) Las instrucciones de funcionamiento por escrito;
- k) Todos los demás datos que exija el órgano regulador.

6.3. El registro de la clasificación de los desechos debería contener la información siguiente acerca de los desechos:

- a) La fuente o el origen;
- b) La forma física y química;
- c) La cantidad (volumen y/o masa);
- d) Las características radiológicas (la concentración de la actividad, la actividad total, los radionucleidos existentes en los desechos y sus proporciones relativas);
- e) La clasificación atendiendo al sistema nacional de clasificación de los desechos;
- f) Los riesgos químicos, patógenos u otros que los desechos presenten y las concentraciones de materiales que encierren riesgos;

- g) Cualquier manipulación especial que sea necesaria por preocupaciones acerca de la criticidad, la necesidad de eliminar el calor de desintegración o campos de radiación notablemente elevada.

PRESENTACIÓN DE INFORMES

6.4. El explotador de la instalación tendría que presentar periódicamente informes sobre la observancia de las condiciones de autorización al órgano regulador, ateniéndose a los plazos establecidos. Los informes ordinarios periódicos tendrían que proporcionar información sobre las actividades de gestión de desechos realizadas durante el período a que se refiera cada informe y la situación en el momento en que se informe. En general, el informe debería incluir una descripción resumida de:

- a) Los desechos recibidos, ya sean de origen externo o generados dentro de la propia instalación, comprendidos los desechos secundarios del procesamiento de los desechos primarios y los desechos del mantenimiento o la clausura de cualesquiera estructuras, sistemas o componentes de la instalación;
- b) El procesamiento de los desechos, así como los pormenores de los procesos empleados;
- c) Los desechos que hubiere liberado el traslado;
- d) Las descargas de efluentes;
- e) Los materiales y sustancias a los que se suprime el control reglamentario;
- f) El inventario, y las modificaciones netas a lo largo de varios años del inventario de los desechos recibidos, procesados, almacenados y trasladados a la instalación, así como las tendencias del comportamiento en materia de seguridad;
- g) Las estimaciones de las consecuencias de la instalación en cuanto a exposición de los trabajadores y del público a la radiación;
- h) Los incumplimientos de los criterios de aceptación de los desechos o de otros requisitos.

6.5. El explotador de una instalación debería comunicar con prontitud al órgano regulador cualquier incidente o accidente o el descubrimiento de cualquier información que ponga en tela de juicio algún aspecto de la seguridad de la instalación o el fundamento de su autorización. Los incumplimientos de los criterios de aceptación de los desechos y las medidas adoptadas o propuestas para corregir la situación también deberían comunicarse al órgano regulador.

7. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD TECNOLÓGICA

7.1. Los explotadores están obligados a aportar una evaluación específica del informe de seguridad dentro de la solicitud de una licencia o una autorización de otro tipo (Ref. [3], párr. 5.3). El nivel de detalle, el alcance y el rigor de esa evaluación dependerán de la índole de las operaciones de gestión de los desechos y del riesgo radiológico. Si lo impusiera la legislación nacional, debería efectuarse una evaluación del impacto ambiental para demostrar que el impacto ambiental previsto de la construcción, la explotación y la clausura de la instalación cumple las normas establecidas por la autoridad nacional competente. Puede que sea menester volver a evaluar los impactos previstos de la clausura una vez que se haya adquirido experiencia operacional y para efectuar una evaluación de la seguridad tecnológica.

7.2. Se precisa efectuar una evaluación de la seguridad tecnológica para demostrar que se puede satisfacer los objetivos en materia de comportamiento y que el proceso general puede ser aceptado con miras a la concesión de una licencia o autorización (Ref. [3], párr. 5.3). Los resultados deberían comprender las consecuencias previstas sobre los trabajadores, el público y el medio ambiente. Habría que determinar y documentar las cantidades y concentraciones de sustancias radiactivas y otras sustancias peligrosas que se puedan descargar con seguridad de la instalación. En la Ref. [20] se dan recomendaciones para preparar una evaluación de la seguridad tecnológica de la gestión previa a la disposición final de los DABI.

7.3. Habría que efectuar una evaluación de la seguridad tecnológica teniendo debidamente en cuenta todos los reglamentos y directrices sobre seguridad pertinentes respecto de los posibles riesgos en cada fase de la gestión de los desechos. La evaluación de la seguridad tecnológica debería abarcar todas las operaciones y todos los riesgos intrínsecos de cada aspecto de la gestión de los desechos radiactivos en la instalación. También pueden ser necesarias evaluaciones de la seguridad tecnológica de las prácticas de gestión de los desechos fuera del emplazamiento, comprendido el transporte de los desechos.

7.4. En las evaluaciones de la seguridad tecnológica habría que estudiar todas y cada una de las características de los desechos que se prevean y se deberían evaluar los impactos y los efectos en el medio ambiente de la instalación y las posibles condiciones de accidente. Para ello, habrá que determinar las vías ambientales de los radionucleidos a los seres humanos y las posibles exposiciones. Basándose en éstas, habría que deducir los valores de los niveles

aceptables de todos los efluentes líquidos y gaseosos que puedan ser descargados de manera habitual en el medio ambiente de la instalación. Asimismo habría que evaluar la adecuación del equipo utilizado para vigilar y controlar los niveles de esas descargas. En la Ref. [14] figuran recomendaciones y orientaciones para limitar las emisiones de efluentes radiactivos durante las operaciones normales de las instalaciones. Las evaluaciones de la seguridad tecnológica deberían revisarse cada cierto tiempo y ser actualizadas según conviniera basándose en la información recogida gracias a la supervisión del centro de trabajo y el medio ambiente.

7.5. Si mediante una evaluación de la seguridad tecnológica se descubre un riesgo, se puede efectuar modificaciones en el diseño o establecer procedimientos operacionales para controlar el riesgo, o bien estudiar otras medidas, como impartir una formación eficaz al personal.

7.6. Se puede considerar que las condiciones y situaciones, los procesos y los sucesos que influyen en la integridad y la seguridad tecnológica de una instalación se originan o bien fuera, o bien dentro de la instalación. Los que se originen fuera de la instalación dependerán mucho del emplazamiento y habría que identificarlos atendiendo a las características propias de cada sitio. En los anexos III y IV se proporcionan recordatorios para ayudar a identificarlos.

7.7. Los problemas de seguridad que se originen dentro de la instalación dependerán en enorme medida de la índole de la instalación y de los procesos y actividades que tengan lugar en ella y, por ende, habría que identificarlos con respecto a la instalación de que se trate. En el anexo V se proporciona un recordatorio para ayudar a identificarlos.

7.8. Si se efectúan cambios en los procedimientos operacionales, habría que establecer un proceso para revisar la evaluación de la seguridad tecnológica con objeto de asegurar que no hayan aumentado los posibles riesgos a consecuencia de esos cambios. Habría que llevar un registro de todos los accidentes e incidentes (y también de los accidentes e incidentes que se consiguió evitar por muy poco), que habría que revisar periódicamente junto con la evaluación de la seguridad tecnológica y los procedimientos de control. Se puede utilizar ese examen para verificar la exactitud de la evaluación de la seguridad tecnológica y la eficacia de los procedimientos.

8. GARANTÍA DE CALIDAD

8.1. Es preciso que el explotador de la instalación de que se trate establezca y ejecute un programa de garantía de calidad de la gestión previa a la disposición final de los DABI, de conformidad con los requisitos y recomendaciones sobre la garantía de calidad recogidos en la Ref. [19] y conforme exija el órgano regulador (Ref. [3], párr. 3.12). Dicho programa tiene por finalidad garantizar que:

- a) Las instalaciones y el equipo de gestión previa a la disposición final de los desechos han sido diseñados, construidos, puestos en servicio, explotados y clausurados de conformidad con las especificaciones y los requisitos apropiados de una explotación segura;
- b) Las fases de la gestión previa a la disposición final de los desechos, desde su generación hasta su acondicionamiento, facilitan el cumplimiento de los requisitos de aceptación conocidos o previstos para el almacenamiento y la disposición final de los desechos;
- c) Se observan los reglamentos y las condiciones de autorización.

8.2. El alcance y el nivel de detalle del programa de garantía de calidad de la gestión previa a la disposición final de los DABI deberían ser acordes a la amplitud y la complejidad de las actividades relativas a los desechos y las cantidades de éstos y los posibles riesgos que conlleven. El programa de garantía de calidad debería centrarse en los elementos que se determine que son importantes para la seguridad radiológica y la contención y el aislamiento de los desechos.

8.3. El programa de garantía de calidad debería abordar los elementos de la gestión, comprendidas las actividades de planificación y establecimiento de previsiones y plazos e incluido el empleo de los recursos. Esos elementos deberían estar documentados en el plan (o descripción) del programa de garantía de calidad y habría que registrar los resultados de las actividades. En el plan se debería especificar claramente las responsabilidades y facultades del personal y las organizaciones que intervengan. El plan debería ser presentado al órgano regulador para su aprobación.

8.4. Habría que asegurar que los bultos de desechos se preparasen con arreglo a los requisitos para la aceptación de los desechos en una instalación de almacenamiento o para su disposición final. Se deberían evitar las faltas de conformidad de los bultos de desechos, especialmente con respecto a las actividades que pudiesen dar lugar a una falta de conformidad irreversible de no ejecutarse correctamente. Esto se puede lograr mediante un programa de

garantía de calidad, comprendidos los procedimientos de aplicación, de las siguientes actividades:

- a) La clasificación de los desechos;
- b) La elaboración de las especificaciones de los bultos de DABI;
- c) La aprobación del proceso de acondicionamiento de los desechos;
- d) La confirmación de las características de los bultos de desechos;
- e) El examen de los registros del control de la calidad.

8.5. Las especificaciones de un bulto de desechos deberían concretar los requisitos de aceptación de los desechos para su manipulación, transporte, almacenamiento y, en la medida de lo posible, disposición final. El explotador tendría que concebir un proceso de acondicionamiento que produjese bultos de desechos ajustados a las especificaciones. Una parte de ese proceso debería consistir en determinar los parámetros que habría que controlar y los valores que son esenciales para asegurar la producción de bultos de desechos que cumplan las especificaciones.

8.6. Habría que establecer y llevar registros de calidad de cada bulto de DABI acondicionado, registros que se deberían cotejar con las especificaciones para determinar la aceptabilidad del bulto de desechos. Se debería elaborar un registro de los resultados del examen y conservarlo durante un período especificado que apruebe el órgano regulador. Si un bulto de desechos no cumpliera las especificaciones o los requisitos de aceptación de los desechos, habría que registrar la índole de la falta de conformidad y las decisiones adoptadas para aplicar las apropiadas medidas correctivas. El explotador debería elaborar un plan de solución de las faltas de conformidad antes de que se inicien las operaciones de acondicionamiento de los DABI.

8.7. Los registros generados en todas las fases de la gestión previa a la disposición final de los desechos pueden ser importantes para demostrar que los bultos de desechos cumplen las especificaciones. Esos registros deberían asegurar la trazabilidad de las características de los desechos desde su recolección hasta su almacenamiento, pasando por su procesamiento. Se debería establecer un sistema de documentación que comprendiese la creación de esos registros. Estos son ejemplos del contenido de esos registros del control de calidad de los bultos de desechos:

- a) Los datos de la clasificación de los desechos generados;
- b) Los valores de los parámetros de los procesos esenciales para los DABI durante su tratamiento previo, tratamiento y acondicionamiento;

- c) Los registros de la calibración del equipo y los sistemas de control de los procesos;
- d) La clasificación del cuerpo de desechos y el correspondiente contenedor (por ejemplo, certificados de los materiales del contenedor y su tapa y soldaduras o precintos, comprendidas las pruebas de control de calidad y sus registros);
- e) Los valores de los parámetros de vigilancia importantes;
- f) La identificación de las ubicaciones de los bultos de desechos y de almacenamiento.

Estos datos pueden corresponder a determinados bultos de desechos o a todos los bultos de desechos de una tanda de procesos uniformes.

8.8. Si no hay una instalación de tratamiento o acondicionamiento, puede ser necesario almacenar los DABI durante largos períodos. También puede necesitarse un largo período de almacenamiento antes de la disposición final. En tales casos, se debería diseñar el programa de garantía de calidad para asegurar el sostenimiento de la calidad y la integridad de los productos de desechos y que los registros, así como el marcado y el etiquetado de los bultos de desechos, sean de calidad suficiente para identificar, mantener y preservar esa información.

8.9. Habría que elaborar un programa de auditoría que comprendiese disposiciones en materia de autoevaluaciones y evaluaciones independientes (auditorías). Habría que realizar esas evaluaciones para determinar si el programa y los planes de gestión previa a la disposición final de los DABI cumplen los requisitos aplicables y confirmar que determinadas actividades están abarcadas por los procedimientos y que el programa se ejecuta correctamente. Habría que efectuar auditorías de los procesos para verificar si los procesos de gestión de los desechos se llevan a cabo dentro de los parámetros especificados, de conformidad con los procedimientos de la explotación segura y con los requisitos establecidos por el órgano regulador en una licencia o una autorización de otro tipo.

8.10. Las auditorías del proceso deberían centrarse en:

- a) Asegurarse de que no se han cambiado variables importantes de los procesos desfavorablemente con respecto a los valores establecidos cuando se efectuó la evaluación original de la seguridad tecnológica;
- b) Asegurarse de que se realizan las inspecciones y mediciones obligatorias y de que se conservan los registros;

- c) Verificar si durante el traslado y el almacenamiento de los desechos se mantiene la trazabilidad de éstos;
- d) Asegurarse de que la instrumentación utilizada para vigilar o controlar el procesamiento de los desechos no se haya degradado con el uso, ni haya sido modificada sin aprobación, y de que se efectúa una recalibración de los instrumentos a intervalos apropiados según las especificaciones u otros requisitos aplicables;
- e) Asegurarse de que los valores de todos los parámetros importantes de los bultos de desechos se mantienen dentro de los límites establecidos;
- f) Asegurarse de que la instalación se explota conforme a los supuestos de la evaluación de la seguridad tecnológica;
- g) Asegurarse de que sólo se utilizan contenedores apropiados que hayan sido sometidos a prueba para verificar su adecuación a la finalidad, y dentro de las especificaciones originales de los parámetros de las pruebas, conforme a lo que exijan los reglamentos aplicables o recomienden las pertinentes orientaciones;
- h) Asegurarse de que hay un programa satisfactorio de formación del personal para mantenerle informado de los requisitos de seguridad y el control de los procesos.

8.11. Las auditorías de los productos comprenden el examen del cuerpo de desechos, el contenedor de los desechos o el bulto de desechos, normalmente con métodos no destructivos. Deberían realizarse cuando la organización auditora lo considerase necesario. El explotador de la instalación de disposición final puede efectuar otras auditorías para evaluar el cumplimiento de los requisitos en materia de disposición final.

8.12. Habría que realizar, según procediera, actividades de investigación y desarrollo con miras a la gestión previa a la disposición final de los DABI para proporcionar toda confirmación que se precise de las propiedades y características importantes para la seguridad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Principios para la gestión de desechos radiactivos, Colección Seguridad N° 111-F, OIEA, Viena (1996).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Infraestructura legal y estatal para la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte, Colección de Normas de Seguridad N° GS-R-1, OIEA, Viena (2004).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, incluida la clausura, Colección de Normas de Seguridad N° WS-R-2, OIEA, Viena (2004).
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Classification of Radioactive Waste, Colección Seguridad N° 111-G-1.1, OIEA, Viena (1994).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Decommissioning of Nuclear Fuel Cycle Facilities, Colección de Normas de Seguridad N° WS-G-2.4, OIEA, Viena, (2001).
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors, Colección de Normas de Seguridad N° WS-G-2.1, OIEA, Viena, (1999).
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities, Colección de Normas de Seguridad N° WS-G-2.2, OIEA, Viena, (1999).
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Management of Radioactive Waste from the Mining and Milling of Ores, Colección de Normas de Seguridad N° WS-G-1.2, OIEA, Viena (2002).
- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos de actividad alta, Colección de Normas de Seguridad N° WS-G-2.6, OIEA, Viena (2009).
- [10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos (Edición de 1996 (revisada)), Colección de Normas de Seguridad N° TS-R-1 (ST-1, revisada), OIEA, Viena (2002).
- [11] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Manual Explicativo para la aplicación del Reglamento del OIEA para el transporte seguro de materiales radiactivos, Colección de Normas de Seguridad, No. TS-G-1.1 (ST-2), OIEA, Viena (2008).
- [12] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Storage of Radioactive Waste, Colección de Normas de Seguridad, OIEA, Viena (en preparación).

- [13] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).
- [14] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Control reglamentario de las descargas radiactivas al medio ambiente, Colección de Normas de Seguridad N° WS-G-2.3, OIEA, Viena (2007).
- [15] GRUPO INTERNACIONAL ASESOR EN SEGURIDAD NUCLEAR, Cultura de la Seguridad, Colección Seguridad N° 75-INSAG-4, OIEA, Viena (1991).
- [16] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Review and Assessment of Nuclear Facilities by the Regulatory Body, Colección de Normas de Seguridad N° GS-G-1.2, OIEA, Viena (2002).
- [17] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Documentación empleada en la regulación de las instalaciones nucleares, Colección de Normas de Seguridad N° GS-G-1.4, OIEA, Viena (2008).
- [18] Convención Conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos, INFCIRC/546, OIEA, Viena (1998).
- [19] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and Other Nuclear Installations: Code and Safety Guides Q1-Q14, Colección Seguridad N° 50-C/SG-Q, OIEA, Viena (2001).
- [20] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Safety Assessment for Spent Fuel Storage Facilities, Colección Seguridad No. 118, OIEA, Viena (1995).

Anexo I

ÍNDOLE Y FUENTES DE LOS DABI DE INSTALACIONES NUCLEARES

EJEMPLOS DE DESECHOS DE INSTALACIONES NUCLEARES

I-1. Las instalaciones nucleares generan muchos tipos diferentes de DABI en un amplio abanico de concentraciones de radionucleidos y en diversas formas físicas y de distintas composiciones químicas. Los DABI comprenden materiales contaminados y activados con radionucleidos de vida breve y larga. Además de los flujos de desechos operacionales, se producen desechos durante la clausura de instalaciones nucleares y las actividades de restauración. Los incidentes o los accidentes también pueden generar desechos en cantidades y de composición variables.

I-2. Las fuentes de DABI analizadas en este anexo son:

- a) El ciclo del combustible nuclear, con inclusión del refinado y la conversión de concentrados de uranio (torta amarilla), el enriquecimiento y la fabricación de combustible;
- b) Las operaciones de los reactores nucleoelectrónicos;
- c) La gestión del combustible gastado, comprendido su reprocesamiento;
- d) Las instalaciones de apoyo, por ejemplo, los laboratorios, los servicios de investigación y desarrollo, las celdas calientes y otras instalaciones especializadas e instalaciones de mantenimiento y reparación;
- e) Las actividades de clausura.

Desechos gaseosos

I-3. Los principales tipos de desechos radiactivos gaseosos generados en la explotación de instalaciones nucleares son:

- a) Efluentes de los sistemas de ventilación de los edificios;
- b) Descargas gaseosas de los sistemas de desgasificación del refrigerante primario de los reactores nucleares;
- c) Descargas gaseosas de diversos sistemas de procesamiento, comprendido el reprocesamiento del combustible gastado;
- d) Descargas gaseosas de la ventilación de las cisternas de almacenamiento.

I-4. El elemento más importante a tener en cuenta es si el material radiactivo se encuentra en forma de partículas, aerosol o gaseosa.

I-5. La actividad de los desechos gaseosos depende de su origen. El aire de la ventilación de los edificios tiene niveles de contaminación inferiores a los de las descargas gaseosas de los procesos o los refrigerantes o las descargas gaseosas de la ventilación de las cisternas de almacenamiento de desechos líquidos.

Desechos líquidos y suspensiones

I-6. Los principales tipos de desechos radiactivos líquidos generados en las instalaciones nucleares son:

- a) Agua de lavanderías, duchas, etc.;
- b) Agua de drenaje de suelos y equipo;
- c) Líquidos orgánicos;
- d) Líquidos procedentes de descontaminación, que además pueden contener agentes complejantes;
- e) Líquidos resultantes de procesos químicos.

I-7. Las suspensiones comprenden principalmente:

- a) Resinas de intercambio iónico gastadas;
- b) Adyuvantes de filtración;
- c) Lodos;
- d) Floculantes de precipitación;
- e) Concentrados de evaporador.

Desechos sólidos

I-8. Los principales tipos de DABI radiactivos sólidos generados en las instalaciones nucleares son:

- a) Basura;
- b) Componentes y herramientas metálicos;
- c) Plaqueado o vaina del combustible y otras partes del conjunto combustible;
- d) Residuos de incineración (cenizas, escoria y polvo de cámaras de filtros de bolsas);
- e) Cubiertas protectoras, trajes, máscaras, guantes y cajas de filtros;
- f) Hormigón, madera, escombros y suelo;
- g) Componentes activados del núcleo del reactor y fuentes de radiación.

FUENTES DE DESECHOS

Suministro de combustible nuclear

I-9. Los DABI del suministro de combustible nuclear comprenden, por ejemplo, los desechos generados en el refinado y la conversión de uranio y torio, el enriquecimiento de uranio y la fabricación de elementos de combustible. Esos desechos consisten en elementos sólidos contaminados, comprendidos materiales combustibles y no combustibles, lodos y residuos de los procesos y líquidos acuosos y orgánicos. Los DABI del suministro de combustible son fundamentalmente emisores alfa de vida larga.

Operaciones de las centrales nucleoelectricas

I-10. Los desechos de las centrales nucleoelectricas comprenden materiales contaminados y activados que se originan en las diversas operaciones que se llevan a cabo en las zonas controladas de la central. La mayoría de esos desechos son de vida breve.

I-11. Los desechos líquidos proceden del agua refrigerante contaminada, los sistemas de depuración del agua, el agua de la piscina de almacenamiento del combustible, los desagües del equipo, los desagües del suelo y los residuos de lavandería. Los desechos sólidos húmedos con elevado contenido de agua proceden de los procesos de tratamiento como la filtración, la evaporación, la precipitación química y el intercambio iónico. Esos procesos dan lugar a que se produzcan lodos, resinas de intercambio iónico gastadas y concentrados de evaporador. La descontaminación, la reparación y el mantenimiento de las instalaciones y el equipo pueden producir aceites y líquidos contaminados que contengan materiales orgánicos.

I-12. Los desechos sólidos generados en las operaciones normales de los reactores pueden ser prendas de vestir, basuras del suelo, plásticos, papeles, dispositivos colectores de gas, filtros y componentes desechados contaminados. Se generan desechos sólidos combustibles y no combustibles.

I-13. Las fuentes de desechos gaseosos varían según el tipo de reactor de que se trate. Pueden ser gases extraídos del refrigerante por sistemas de desgasificación y ventilación o eyectores de aire y descargas de refrigerante y escapes o fugas. Además, todos los tipos de reactores producen aire de ventilación y gases nobles activados y contaminados.

I-14. Los DABI de las centrales nucleoelectricas comprenden productos de fisión y de activación de vida breve que se generan como consecuencia del flujo de neutrones en el reactor.

Gestión del combustible gastado

I-15. Las instalaciones de gestión del combustible gastado son instalaciones de almacenamiento de combustible gastado, instalaciones de reprocesamiento e instalaciones de acondicionamiento. Las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado generan DABI, por ejemplo, del tratamiento del agua del estanque de enfriamiento en instalaciones de almacenamiento húmedo. Esos desechos son DABI sólidos, líquidos y gaseosos.

I-16. Las operaciones de reprocesamiento generan DABI sólidos, líquidos y gaseosos. Los desechos sólidos comprenden el plaqueado de los elementos del combustible, los componentes del conjunto combustible, residuos no solubles y desechos que son característicos de la tecnología utilizada. Estos desechos sólidos pueden contener tanto productos de activación como de fisión. Los desechos líquidos son lodos y concentrados procedentes del tratamiento de efluentes líquidos y concentrados procedentes del lavado con disolventes y la recuperación de ácido, comprendidos líquidos acuosos y orgánicos. Los desechos gaseosos producto de la fisión se pueden generar en el proceso de disolución del combustible. Los desechos del reprocesamiento son radionucleidos de vida larga y breve.

Instalaciones de investigación de apoyo y plantas piloto

I-17. Las instalaciones de apoyo que generan DABI son los reactores de investigación, las celdas calientes, las instalaciones piloto de reprocesamiento de combustible, mantenimiento y reparación, las instalaciones de examen posterior a la irradiación, las instalaciones de investigación y desarrollo y las de laboratorios. Estas instalaciones no producen unos desechos 'típicos'; antes bien, sus desechos son diversos y variables.

Clausura y restauración

I-18. Se generan DABI durante la clausura de las instalaciones nucleares y la restauración de los emplazamientos. Esos desechos varían enormemente en cuanto a tipo, actividad, tamaño y volumen, y comprenden tanto materiales activados como elementos contaminados. Los residuos sólidos son principalmente equipo de procesos, componentes de plantas, materiales de

construcción y suelo. Los desechos líquidos proceden de las operaciones de limpieza y descontaminación. Los radionucleidos existentes en los desechos de clausuras corresponden a los utilizados o generados en la instalación nuclear cuando se hallaba en explotación.

Anexo II

ELABORACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DE LOS BULTOS DE DESECHOS

II-1. Las especificaciones para los DABI acondicionados se establecen para asegurar que el bulto de desechos satisfaga los pertinentes criterios de aceptación para el transporte, almacenamiento o disposición final. Las especificaciones de los bultos de desechos se determinan de manera tal que se garantice que el producto final (el bulto de desechos) cumplirá los criterios aplicables en materia de aceptación de desechos, en particular para su disposición final. Las características radiológicas (concentraciones de radionucleidos, actividad y tasa de dosis) de los desechos son las más importantes y se identifican en una fase temprana. Otras especificaciones de los bultos de desechos se pueden dividir en cuatro apartados principales: propiedades químicas y físicas, propiedades mecánicas, capacidad de contención y estabilidad. El último apartado, la 'estabilidad', se refiere a la capacidad del bulto de desechos para retener los radionucleidos durante períodos prolongados.

PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS

II-2. Las propiedades químicas y físicas del cuerpo de desechos son:

- a) Su composición química;
- b) Su densidad, porosidad, permeabilidad al agua y permeabilidad a los gases;
- c) Su homogeneidad y la compatibilidad de los desechos con la matriz;
- d) Su estabilidad térmica;
- e) El porcentaje de agua que comprende, el rezumado de agua bajo presión compresiva, su encogimiento y endurecimiento;
- f) Su lixivialidad y su tasa de corrosión.

II-3. Las propiedades químicas y físicas del contenedor son:

- a) Los materiales de que está hecho;
- b) Su porosidad, permeabilidad al agua y permeabilidad a los gases;
- c) Su conductividad térmica;
- d) Su solubilidad y corrosión en atmósferas corrosivas o líquidos como agua o salmueras.

II-4. Las propiedades físicas del bulto de desechos son:

- a) La cantidad de oquedades del contenedor (que hay que reducir al mínimo);
- b) Las características de los dispositivos de tapado y de precintado o sellado;
- c) Su sensibilidad ante los cambios de temperatura.

PROPIEDADES MECÁNICAS

II-5. Las propiedades mecánicas del cuerpo de desechos son su resistencia a la tracción, su resistencia a la compresión y su estabilidad dimensional.

II-6. Las propiedades mecánicas del bulto de desechos son su comportamiento cuando se le somete a cargas mecánicas (estática e impacto) o térmicas.

CAPACIDAD DE CONTENCIÓN

II-7. La capacidad de contención del bulto de desechos se refiere a:

- a) La difusión y la lixiviación de los radionucleidos en un medio acuoso;
- b) La emisión de gas en condiciones atmosféricas estándar o en las condiciones reinantes en un repositorio;
- c) La difusión de tritio en condiciones atmosféricas estándar o en las condiciones reinantes en un repositorio;
- d) La capacidad de fijación y retención de los radionucleidos;
- e) La estanqueidad al agua y a los gases del dispositivo de sellado del bulto.

ESTABILIDAD

II-8. La estabilidad del bulto de desechos se refiere a:

- a) Su comportamiento ante las variaciones de la temperatura;
- b) Su sensibilidad ante temperaturas elevadas y su comportamiento en un incendio;
- c) Su comportamiento en condiciones de exposición prolongada a la radiación;
- d) La sensibilidad de la matriz con respecto al contacto con el agua;
- e) Su resistencia a la acción de los microorganismos;
- f) La resistencia a la corrosión en un medio húmedo (en el caso de los contenedores metálicos);

- g) Su porosidad y su grado de estanqueidad a los gases;
- h) Su potencial para hincharse ante la acumulación interna de gases desprendidos.

Anexo III

CONDICIONES DEL EMPLAZAMIENTO, PROCESOS Y SUCESOS A TENER EN CUENTA EN UNA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD TECNOLÓGICA (FENÓMENOS NATURALES EXTERNOS)

Cuando se utilice esta lista se habrá de tener presente que los sucesos iniciadores recogidos en ella no serán forzosamente aplicables a todas las instalaciones ni a todos los emplazamientos. La lista tiene carácter de recordatorio.

- 1) La meteorología y la climatología del emplazamiento y de la región:
 - i) Precipitaciones (promedios y extremos, comprendidas la frecuencia, duración e intensidad):
 - lluvia, granizo, nieve y hielo;
 - el manto de nieve y el manto de hielo (comprendido su potencial para bloquear entradas o salidas);
 - sequía.
 - ii) Viento (promedios y extremos, comprendidas la frecuencia, duración e intensidad):
 - tornados, huracanes y ciclones.
 - iii) Tasa y duración de la entrada de irradiación solar directa (insolación, promedios y extremos).
 - iv) Temperatura (promedios y extremos, comprendidas la frecuencia y la duración):
 - el permafrost y la congelación y el deshielo cíclicos del suelo.
 - v) Presión barométrica (promedios y extremos, comprendidas la frecuencia y la duración).
 - vi) Humedad (promedios y extremos, comprendidas la frecuencia y la duración):
 - niebla y escarcha.
 - vii) Rayos (frecuencia e intensidad).
- 2) La hidrología y la hidrogeología del emplazamiento y de la región:
 - i) Escorrentía superficial (promedios y extremos, comprendidas la frecuencia, la duración y la intensidad):
 - inundaciones (frecuencia, duración e intensidad);
 - erosión (tasa).
 - ii) Las condiciones de las aguas freáticas (promedios y extremos, comprendidas la frecuencia y la duración).

- iii) Acción de las olas (promedios y extremos, comprendidas su frecuencia, duración e intensidad):
 - mareas altas, olas ciclónicas y tsunamis;
 - inundaciones (frecuencia, duración e intensidad);
 - erosión de la orilla (tasa).
- 3) La geología del emplazamiento y de la región:
 - i) Litología y estratigrafía:
 - las características geotécnicas de los materiales del emplazamiento.
 - ii) Sismicidad:
 - fallas y zonas de debilidad;
 - terremotos (frecuencia e intensidad).
 - iii) Vulcanología:
 - escombros y cenizas de origen volcánico.
 - iv) Extracción de minerales y explotación de canteras en otras épocas:
 - asiento de las tierras (hundimiento).
- 4) La geomorfología y la topografía de emplazamiento:
 - i) Estabilidad de los materiales naturales:
 - derrumbes de taludes y pendientes, corrimientos de tierras y hundimientos;
 - avalanchas.
 - ii) Erosión superficial.
 - iii) Los efectos del terreno (topografía) sobre las condiciones atmosféricas o en las consecuencias de las temperaturas extremas.
- 5) La flora y la fauna terrestres y acuáticas del emplazamiento (sus efectos sobre la instalación):
 - i) Vegetación (terrestre y acuática):
 - el bloqueo de las entradas y salidas;
 - daños causados a las estructuras.
 - ii) Roedores, aves y otros animales silvestres
 - daños directos causados por las excavaciones, los mordiscos, etc.;
 - acumulación de escombros de anidación, guano, etc.
- 6) Las posibilidades de:
 - i) Incendios y explosiones de origen natural en el emplazamiento.
 - ii) Gas metano o gas tóxico natural (de médanos o emplazamientos de vertederos).
 - iii) Tormentas de polvo o de arena (comprendido el posible bloqueo de entradas y salidas).

Anexo IV

CONDICIONES DEL EMPLAZAMIENTO, PROCESOS Y SUCESOS A TENER EN CUENTA EN UNA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD TECNOLÓGICA (FENÓMENOS EXTERNOS PROVOCADOS POR LOS SERES HUMANOS)

Cuando se utilice esta lista se habrá de tener presente que los sucesos iniciadores recogidos en ella no serán forzosamente aplicables a todas las instalaciones ni a todos los emplazamientos. La lista tiene carácter de recordatorio.

- 1) Explosión:
 - i) Sustancia sólida;
 - ii) Gas, polvo o nube de aerosol.
- 2) Incendio:
 - i) Sustancia sólida;
 - ii) Sustancia líquida;
 - iii) Gas, polvo o nube de aerosol.
- 3) Accidente aéreo.
- 4) Proyectiles debidos a fallos estructurales o mecánicos de instalaciones próximas.
- 5) Inundación:
 - i) Desplome estructural de una presa;
 - ii) Bloqueo de un río.
- 6) Asiento de las tierras (hundimiento) o su derrumbe por la excavación de un túnel o labores de minería.
- 7) Vibración de las tierras.
- 8) La emisión de una sustancia corrosiva, tóxica y/o radiactiva:
 - i) Líquido;
 - ii) Gas, polvo o nube de aerosol.
- 9) Datos geográficos y demográficos:
 - i) Densidad de población y cambios previstos durante la vida útil de la instalación;
 - ii) Instalaciones industriales y militares y actividades conexas y los efectos en la instalación de los accidentes en esas otras instalaciones;
 - iii) Tráfico;
 - iv) Infraestructura de transportes (carreteras, aeropuertos y/o rutas aéreas, líneas de ferrocarril, ríos y canales, oleoductos y las posibilidades de impactos o de accidentes con materiales peligrosos).

- 10) Suministro de electricidad y posible pérdida de potencia.
- 11) Luchas intestinas:
 - i) Terrorismo, sabotaje e incursiones en el perímetro;
 - ii) La ruptura de la infraestructura;
 - iii) Disturbios civiles;
 - iv) Huelgas y bloqueos;
 - v) Cuestiones de salud (por ejemplo, enfermedades endémicas o epidemias).

Anexo V

SUCESOS INICIADORES POSTULADOS A TENER EN CUENTA EN UNA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD TECNOLÓGICA (FENÓMENOS INTERNOS)

Cuando se utilice esta lista se habrá de tener presente que los sucesos iniciadores recogidos en ella no serán forzosamente aplicables a todas las instalaciones ni a todos los emplazamientos. La lista tiene carácter de recordatorio.

- 1) La aceptación (involuntaria o no) de la entrada de desechos, contenedores de desechos, productos químicos de procesos, agentes de acondicionamiento, etc., que no se ajustan a las especificaciones (criterios de aceptación) incluidos en la base del diseño.
- 2) El procesamiento de desechos que cumplen los criterios de aceptación, pero que posteriormente se procesan de manera inapropiada para el tipo de desecho concreto de que se trata (por inadvertencia o no).
- 3) Un suceso de criticidad debido a la acumulación incorrecta de materiales fisibles, la modificación de la configuración geométrica, la introducción de sustancias moderadoras, la supresión de materiales que absorben neutrones o diversas combinaciones de esas circunstancias.
- 4) Una explosión debida al desprendimiento de mezclas explosivas de gases como consecuencia de:
 - i) Radiólisis.
 - ii) Descargas o volatilización de gases.
 - iii) Reacciones químicas causadas por mezclas inapropiadas o contactos:
 - diferentes flujos de desechos;
 - desechos y agentes de acondicionamiento;
 - material de los contenedores de desechos y agentes de acondicionamiento;
 - productos químicos de procesos;
 - desechos, contenedores de desechos, agentes de acondicionamiento, productos químicos de procesos y las condiciones reinantes en el entorno del trabajo o en el entorno del almacenamiento.
 - iv) La inclusión de elementos como botellas de gas comprimido entre los materiales introducidos en las incineradoras o los compactadores.

- 5) Incendio causado por:
 - i) Combustión espontánea.
 - ii) Puntos calientes locales producidos por el mal funcionamiento de estructuras, sistemas o componentes.
 - iii) Chispas de máquinas, equipo o circuitos eléctricos.
 - iv) Chispas de actividades humanas como soldar o fumar.
 - v) Explosiones.
- 6) Graves incompatibilidades entre los componentes de un sistema de proceso y los materiales introducidos en el sistema.
- 7) La degradación de sustancias de procesos (productos químicos, aditivos o aglomerantes) a causa de su manipulación o almacenamiento incorrectos.
- 8) El no tener en cuenta los riesgos no radiológicos que presentan los desechos (físicos, químicos o patógenos).
- 9) La generación de una atmósfera tóxica por reacciones químicas debidas a la mezcla incorrecta o al contacto de diversos reactivos y sustancias.
- 10) La caída de bultos de desechos o de otras cargas por manipulación incorrecta o avería del equipo, con consecuencias en el bulto de desechos caído y acaso sobre otros bultos de desechos o las estructuras, los sistemas y los componentes de la instalación.
- 11) Colisiones de vehículos o cargas colgantes con estructuras, sistemas y componentes de la instalación o con bultos de desechos, recipientes de contención de desechos y tuberías.
- 12) Averías de estructuras, sistemas y componentes debidas a:
 - i) La pérdida de competencia estructural o de integridad mecánica.
 - ii) Vibraciones originadas en la instalación.
 - iii) Desequilibrios de la presión (aumentos o desplomes repentinos de la presión).
 - iv) Corrosión o erosión internas o efectos químicos del entorno del trabajo o del almacenamiento.
- 13) La generación de proyectiles y cascotes que vuelan por los aires a causa de la explosión de componentes bajo presión o de una avería muy grave del equipo giratorio.
- 14) El mal funcionamiento del equipo de calefacción o refrigeración, que dé lugar a desviaciones de la temperatura no previstas en los sistemas de los procesos o los sistemas de almacenamiento.
- 15) El mal funcionamiento del equipo de control de los procesos.
- 16) El mal funcionamiento del equipo que mantiene las condiciones ambientales en la instalación, como el sistema de ventilación o la red de desagüe.
- 17) El mal funcionamiento de los sistemas de vigilancia o de alarma que haga que no se advierta una situación negativa.

- 18) Configuración incorrecta (errores o cambios no autorizados) de los monitores, las alarmas o el equipo de control.
- 19) El no funcionamiento cuando se precisa del equipo de emergencia, por ejemplo, el sistema de extinción de incendios, las válvulas de seguridad y conductos de alivio.
- 20) La avería del suministro de energía, ya sea de la red principal o de diversas subredes.
- 21) El mal funcionamiento de equipo esencial para manipular los desechos, como las grúas de traslado o las cintas transportadoras.
- 22) El mal funcionamiento de estructuras, sistemas y componentes que controlan las emisiones al medio ambiente, como los filtros o las válvulas.
- 23) El no inspeccionar, probar ni mantener adecuadamente estructuras, sistemas y componentes.
- 24) La actuación incorrecta del explotador debida a una información inexacta o incompleta.
- 25) La actuación incorrecta del explotador a pesar de tener información exacta y completa.
- 26) Sabotaje por empleados.
- 27) Averías de sistemas y componentes como la guarnición de la incineradora, el sistema hidráulico del compactador o el cortador mecánico que hace que se corra riesgo de una considerable exposición adicional a la radiación del personal convocado para ayudar a efectuar reparaciones o sustituciones.
- 28) Tropezar con una fuente de radiación inesperada al efectuar la clausura (por ejemplo, de índole o en cantidad diferentes de las esperadas) y no reconocer enseguida que han cambiado las circunstancias.
- 29) Eliminar o debilitar una estructura o un componente al efectuar la clausura, sin advertir los posibles efectos sobre la competencia estructural de otras estructuras y otros componentes.

COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y REVISIÓN

Abe, M.	Instituto Japonés de Investigaciones sobre la Energía Atómica (Japón)
Ahmed, J.	Centro Bhabha de Investigaciones Atómicas (India)
Banerjee, K.	Centro Bhabha de Investigaciones Atómicas (India)
Boetsch, W.	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (Alemania)
Conlon, P.	Organismo Internacional de Energía Atómica
De Pahissa, M.	Comisión Nacional de Energía Atómica (Argentina)
De, P.	AECL Research (Canadá)
Delaney, B.J.	Inspección de Instalaciones Nucleares (Reino Unido)
Duerden, P.	Misión Permanente de Australia (Austria)
Duthé, M.	Dirección para la Seguridad de las Instalaciones Nucleares (Francia)
El-Sourougy, M.	Organismo de Energía Atómica (Egipto)
Fitzpatrick, B.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Fitzpatrick, J.	RM Consultants Ltd. (Reino Unido)
Geiser, H.	Wissenschaftlich Technische Ingenieurberatung (Alemania)
Haworth, R.	Inspección de Instalaciones Nucleares (Reino Unido)
Hinrichsen, P.	Consejo de Seguridad Nuclear (Sudáfrica)

Holub, J.	Instituto de Investigación, Producción y Aplicación de Radioisótopos (República Checa)
Horyna, J.	Oficina Estatal de Seguridad Nuclear (República Checa)
Kallonen, I.	Imatran Voima Oy (Finlandia)
Lewis, H.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Martens, B.R.	Oficina Federal de Protección Radiológica (Alemania)
Morales, A.	Empresa Nacional de Residuos Radiactivos S.A. (España)
Numark, N.J.	Numark Associates, Inc. (Estados Unidos de América)
Ojovan, M.	Asociación Científica e Industrial 'Radon' (Federación de Rusia)
Piccone, J.M.	Comisión Reguladora Nuclear (Estados Unidos de América)
Picha, K.	Departamento de Energía (Estados Unidos de América)
Pollock, R.	AECL Research (Canadá)
Risoluti, P.	Ente Nacional Italiano para las Nuevas Tecnologías, la Energía y el Medio Ambiente (Italia)
Ruokola, E.	Organismo de Seguridad Radiológica y Nuclear (Finlandia)
Saverot, P.	NUSYS (Francia)
Süssmilch, J.	Instituto de Investigaciones Nucleares (República Checa)
Uriate, A.	Instituto de Tecnología Nuclear (España)

Weedon, C.J.	Agencia del Medio Ambiente (Reino Unido)
Westerlind, M.	Instituto Sueco de Protección Radiológica (Suecia)
Zhu, J.L.	Autoridad de Energía Atómica (China)

ÓRGANOS ENCARGADOS DE APROBAR LAS NORMAS DE SEGURIDAD

Comisión sobre Normas de Seguridad

Alemania: Renneberg, W.; *Argentina:* Oliveira, A.; *Brasil:* Caubit da Silva, A.; *Canadá:* Pereira, J.K.; *China:* Zhao, C.; *Corea, República de:* Eun, S.; *España:* Azuara, J.A.; Santoma, L.; *Estados Unidos de América:* Travers, W.D.; *Federación de Rusia:* Vishnevskiy, Y.G.; *Francia:* Lacoste, A.-C.; Gauvain, J.; *India:* Sukhatme, S.P.; *Japón:* Suda, N.; *Reino Unido:* Williams, L.G. (Presidente); Pape, R.; *Suecia:* Holm, L.-E.; *Suiza:* Schmocker, U.; *Ucrania:* Gryschenko, V.; *OIEA:* Karbassioun, A. (Coordinador); *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE:* Shimomura, K.; *Comisión Internacional de Protección Radiológica:* Clarke, R.H.

Comité sobre Normas de Seguridad Nuclear

Alemania: Feige, G.; *Argentina:* Sajaroff, P.; *Australia:* MacNab, D.; **Belarús:* Sudakou, I.; *Bélgica:* Govaerts, P.; *Brasil:* Salati de Almeida, I.P.; *Bulgaria:* Gantchev, T.; *Canadá:* Hawley, P.; *China:* Wang, J.; *Corea, República de:* Lee, J.-I.; *Egipto:* Hassib, G.; *España:* Mellado, I.; *Estados Unidos de América:* Newberry, S.; *Federación de Rusia:* Baklushin, R.P.; *Finlandia:* Reiman, L. (Presidente); *Francia:* Saint Raymond, P.; *Hungría:* Vöröss, L.; *India:* Sharma, S.K.; *Irlanda:* Hone, C.; *Israel:* Hirshfeld, H.; *Italia:* del Nero, G.; *Japón:* Yamamoto, T.; *Lituania:* Demcenko, M.; **México:* Delgado Guardado, J.L.; *Países Bajos:* de Munk, P.; **Pakistán:* Hashimi, J.A.; **Perú:* Ramírez Quijada, R.; *Reino Unido:* Hall, A.; *República Checa:* Böhm, K.; *Sudáfrica:* Bester, P.J.; *Suecia:* Jende, E.; *Suiza:* Aeberli, W.; **Tailandia:* Tanipanichskul, P.; *Turquía:* Alten, S.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE:* Hrehor, M.; *Comisión Europea:* Schwartz, J.-C.; *OIEA:* Bevington, L. (Coordinador); *Organización Internacional de Normalización:* Nigon, J.L.

Comité sobre Normas de Seguridad Radiológica

Alemania: Landfermann, H.; *Argentina:* Rojkind, R.H.A.; *Australia:* Mason, C. (Presidente); *Belarús:* Rydlevski, L.; *Bélgica:* Smeesters, P.; *Brasil:* Amaral, E.; *Canadá:* Utting, R.; *Corea, República de:* Kim, C.; *Cuba:* Betancourt Hernández, A.; *China:* Yang, H.; *Dinamarca:* Ulbak, K.; *Egipto:* Hanna, M.; *Eslovaquia:* Jurina, V.; *España:* Amor, I.; *Estados Unidos de América:* Paperiello, C.; *Federación de Rusia:* Kutkov, V.; *Finlandia:* Markkanen, M.; *Francia:* Piechowski, J.; *Hungría:* Koblinger, L.; *India:* Sharma, D.N.; *Irlanda:*

McGarry, A.; *Israel*: Laichter, Y.; *Italia*: Sgrilli, E.; *Japón*: Yonehara, H.; *Madagascar*: Andriambololona, R.; *México*: Delgado Guardado, J.; *Noruega*: Saxebo, G.; *Países Bajos*: Zuur, C.; *Perú*: Medina Gironzini, E.; *Polonia*: Merta, A.; *Reino Unido*: Robinson, I.; *República Checa*: Drabova, D.; *Sudáfrica*: Olivier, J.H.L.; *Suecia*: Hofvander, P.; Moberg, L.; *Suiza*: Pfeiffer, H.J.; *Tailandia*: Pongpat, P.; *Turquía*: Buyan, A.G.; *Ucrania*: Likhtarev, I.A.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE*: Lazo, T.; *Asociación Internacional de Protección Radiológica*: Webb, G.; *Comisión Europea*: Kaiser, S.; Janssens, A.; *Comisión Internacional de Protección Radiológica*: Valentin, J.; *Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas*: Gentner, N.; *OIEA*: Bilbao, A.; *Oficina Internacional del Trabajo*: Niu, S.; *Organización Internacional de Normalización*: Perrin, M.; *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*: Rigney, C.; *Organización Mundial de la Salud*: Kheifets, L.; *Organización Panamericana de la Salud*: Borras, C.

Comité sobre Normas de Seguridad en el Transporte

Alemania: Rein, H.; *Argentina*: López Vietri, J.; *Australia*: Colgan, P.; **Belarús*: Zaitsev, S.; *Bélgica*: Cottens, E.; *Brasil*: Bruno, N.; *Bulgaria*: Bakalova, A.; *Canadá*: Vzglasky, T.; *China*: Pu, Y.; *Corea, República de*: Kwon, S.-G.; **Dinamarca*: Hannibal, L.; *Egipto*: El-Shinawy, R.M.K.; *España*: Zamora Martín, F.; *Estados Unidos de América*: McGuire, R.; *Francia*: Aguilar, J.; *Federación de Rusia*: Ershov, V.N.; *Hungría*: Sáfár, J.; *India*: Nandakumar, A.N.; *Irlanda*: Duffy, J.; *Israel*: Koch, J.; *Italia*: Trivelloni, S.; *Japón*: Hamada, S.; *Noruega*: Hornkjøl, S.; *Países Bajos*: Van Halem, H.; *Perú*: Regalado Campaña, S.; *Reino Unido*: Young, C.N. (Presidente); *Rumania*: Vieru, G.; *Sudáfrica*: Jutle, K.; *Suecia*: Pettersson, B.G.; *Suiza*: Knecht, B.; **Tailandia*: Jerachanchai, S.; *Turquía*: Köksal, M.E.; *Asociación de Transporte Aéreo Internacional*: Abouchaar, J.; *Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa*: Kervella, O.; *Comisión Europea*: Rossi, L.; *Federación Internacional de Asociaciones de Pilotos de Líneas Aéreas*: Tisdall, A.; *Instituto Mundial de Transporte Nuclear*: Lesage, M.; *OIEA*: Pope, R.B.; *Organización de Aviación Civil Internacional*: Rooney, K.; *Organización Marítima Internacional*: Rahim, I.; *Organización Internacional de Normalización*: Malesys, P.

Comité sobre Normas de Seguridad de los Desechos

Alemania: von Dobschütz, P.; *Argentina*: Siraky, G.; *Australia*: Williams, G.; **Belarús*: Rozdyalovskaya, L.; *Bélgica*: Baekelandt, L. (Presidente); *Brasil*: Xavier, A.; **Bulgaria*: Simeonov, G.; *Canadá*: Ferch, R.; *China*: Fan, Z.; *Corea*,

República de: Sa, S.; *Cuba:* Benítez, J.; **Dinamarca:* Øhlenschlaeger, M.; **Egipto:* Al Adham, K.; Al Sorogi, M.; *España:* O'Donnell, P.; *Estados Unidos de América:* Greeves, J.; Wallo, A.; *Federación de Rusia:* Poluektov, P.P.; *Finlandia:* Rukola, E.; *Francia:* Averous, J.; *Hungría:* Czoch, I.; *India:* Raj, K.; *Irlanda:* Pollard, D.; *Israel:* Avraham, D.; *Italia:* Dionisi, M.; *Japón:* Irie, K.; **Madagascar:* Andriambolona, R.; *México:* Maldonado, H.; **Noruega:* Sorlie, A.; *Pakistán:* Qureshi, K.; *Países Bajos:* Selling, H.; **Perú:* Gutiérrez, M.; *Reino Unido:* Wilson, C.; *República Eslovaca:* Konecny, L.; *Sudáfrica:* Pather, T.; *Suecia:* Wingefors, S.; *Suiza:* Zurkinden, A.; **Tailandia:* Wangcharoenroong, B.; *Turquía:* Kahraman, A.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE:* Riotte, H.; *Comisión Europea:* Taylor, D.; Webster, S.; *Comisión Internacional de Protección Radiológica:* Valentin, J.; *OIEA:* Hioki, K. (Coordinador); *Organización Internacional de Normalización:* Hutson, G.

Nota: Los miembros corresponsales se indican con un asterisco (*). Estos miembros reciben borradores para formular comentarios, así como otra documentación pertinente pero, generalmente, no participan en las reuniones.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA
ISBN 978-92-0-310609-2
ISSN 1020-5837